Alien Forest Pests

Context for the Canadian Forest Service's Science Program

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Canada

106-07243/

Alien Forest Pests

Context for the Canadian Forest Service's Science Program

Science Program Context Paper
Published by
Science and Programs Branch
Canadian Forest Service
Natural Resources Canada
Ottawa, 2005 (revision)

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 1999, 2005
ISBN 0-662-64525-1
Cat. No. Fo42-300/1999

Text: Hans Ottens in collaboration with Eric Allen, Leland Humble, J. Edward Hurley, Ken Harrison, and Anthony Hopkin
Editing and Production: Catherine Carmody
Design and Layout: Sandra Bernier

Canadian Cataloguing in Publication Data

Canadian Forest Service. Science Branch

Alien forest pests: context for the Canadian Forest Service's Science Program

(Science Program context paper)
Text in English and French on inverted pages.
Title on added t.p.: Les ravageurs forestiers étrangers.
Includes bibliographical references.
ISBN 0-662-64525-1
Cat. No. Fo42-300/1999

1. Nonindigenous pests — Government policy — Canada.
2. Pest introduction — Government policy — Canada.
3. Forest insects — Government policy — Canada.
4. Forest policy — Canada.

I. Title.
II. Title: Les ravageurs forestiers étrangers.
III. Series.

SB990.5C3C32 1999 363.7'8 C99-980385-9E

Photograph Credits

Cover and page 1: Asian long-horned beetle (ALB), photo courtesy of Ken Law, USDA.

Pages 3 and 4: White pine blister, photo courtesy of CFS Pacific Forestry Centre (PFC), Victoria, BC.

Page 7: Dunnage, photo courtesy of Eric Allen, CFS PFC.

Page 8 (*top to bottom*): Brown spruce longhorn beetle and emerald ash borer, photos by Klaus Bolte, CFS, Ottawa; ALBs, photo courtesy of Ken Law, USDA.

Page 9 (*top to bottom*): Gypsy moths, photo courtesy of Leland Humble, CFS PFC; pine shoot beetle, photo courtesy of CFS PFC; European larch canker, photo courtesy of CFS, Atlantic Forestry Centre, Fredericton, NB.

4 **Introduction**

4 **What Are Alien Forest Pests?**

4 Established Alien Forest Pests

7 New Arrivals and Expanding Ranges

9 **Why Is Information on Alien Forest Pests Needed?**

10 Impacts of Alien Forest Pests

10 *Ecological Implications*

10 Forest Health

10 Biological Diversity

10 *Economic and Social Consequences*

11 Timber Losses

11 Pest Control Costs

11 Risk Assessment

11 *Impacts on Urban Forests*

12 *Trade Implications*

12 Invasive Organisms: A Global Concern

13 **Emerging Issues**

13 **Notes**

14 **References**

Introduction

The spread of non-indigenous or alien[1] forest pests is a growing threat to Canada's forests, its international trade in forest and other products, and Canadians and communities dependent on healthy forests and a competitive forest sector. The spread of invasive organisms, including alien pests, is increasingly recognized by parties to international agreements and other fora in which Canada participates as an issue that has wide implications for biodiversity, ecosystem health, human health, natural resource industries, and international trade.

The discovery in 1917 that white pine blister rust had become established in Ontario and Quebec helped trigger forest insect and disease monitoring and research in the early days of the Canadian Forest Service (CFS) (Conners 1972, p. 63; Johnstone 1991, p. 46, 50). As the primary federal agency on which other departments and the forest sector depend for forest science and policy expertise, the CFS will continue to be called upon, possibly in a growing capacity, to provide advice, information, and technology to combat this threat to Canada's forests and to related industries and jobs.

White pine blister rust on western white pine

This paper is the third in a series of context papers intended as guides to the current and future directions of the CFS's science program. This paper defines alien forest pests and describes why the CFS, in cooperation with its wide range of partners, addresses alien forest pests and related issues through research, monitoring, and assessment activities.

What Are Alien Forest Pests?

Any species, subspecies, variety, or race occurring in an area or ecosystem to which it is not native may be classified as an alien species. When they cause changes in ecosystems, displacing native organisms by predation or parasitism, by competition for space and nutrients or food, or by alteration of habitat, alien species are considered to be invasive. When their impacts are beyond acceptable levels, resulting in environmental damage and economic and social losses, alien species become known as pests.

Mixed island systems, ecosystems in humid environments or in southern continental regions, and ecosystems disturbed by human activities or with low biological diversity are susceptible to invasion by alien species. Other characteristics of vulnerable ecosystems include simple ecological structure, lack of predators, herbivores, or competitors, and climatic and soil/sediment similarities to the native habitat of the alien species. North American forests are particularly vulnerable to invasions of European and Asian insects (Niemelä and Mattson 1996), which often out-compete their North American counterparts, especially in disturbed and fragmented forests. Many endemic Asian or European pathogens have evolved along with their hosts. Related North American host species lack this parallel evolution and thus are extremely susceptible to non-native pathogens.

Boreal forests, mainly because of their relatively limited species complements, are considered particularly susceptible to alien species invasions, and even more so when disturbed. Over 300 species of tree-feeding insects from Europe have successfully invaded North America, compared with only 34 that have made the reverse journey (Niemelä and Mattson 1996). What most of these invasive species share, besides not having natural checks to their survival and spread, is that they are generalists: they reproduce quickly, disperse widely when given the chance, tolerate a fairly broad range of habitat conditions, and resist eradication once they are established.

Established Alien Forest Pests

In the past century, alien pests have become established in Canada with devastating effects on forest health, biodiversity, and timber and other forest resource values (Table 1). Examples include chestnut blight, Dutch elm

Table 1. Significant alien pests threatening Canada's forests (E=eastern Canada; W=western Canada).

Alien forest pest	Primary hosts	Year detected
INSECTS		
Larch sawfly, *Pristiphora erichsonii* (Htg.)	Larches, *Larix* spp.	1882
Browntail moth, *Euproctis chrysorrhoea* (L.)	All deciduous species	1902
Poplar sawfly, *Trichiocampus viminalis* (Fall.)	Trembling aspen, *Populus tremuloides* Michx; largetooth aspen, *P. grandidentata* Michx.; balsam poplar, *P. balsamifera* L.	1904
Larch casebearer, *Coleophora laricella* (Hbn.)	Larches, *Larix* spp.	1905
Late birch leaf edgeminer, *Heterarthrus nemoratus* (Fall.)	Birches, *Betula* spp.	1905
Balsam woolly adelgid, *Adelges piceae* (Ratz.)	Balsam fir, *Abies balsamea* (L.) Mill.; grand fir, *A. grandis* (Dougl. ex D. Don) Lindl.; subalpine fir, *A. lasiocarpa* (Hook.) Nutt.; amabilis fir, *A. amabilis* (Dougl. ex Loud.) Dougl. ex J. Forbes	1908 E 1950 W
Satin moth, *Leucoma salicis* (L.)	Poplars, *Populus* spp.	1920
Winter moth, *Operophtera brumata* (L.)	Oaks, *Quercus* spp.; maples, *Acer* spp.; willows, *Salix* spp.	1920 E 1970 W
European spruce sawfly, *Gilpinia hercyniae* (Htg.)	Spruces, *Picea* spp.	1922
Gypsy moth (European race), *Lymantria dispar* (L.)	Oaks, *Quercus* spp.; birches, *Betula* spp.; larches, *Larix* spp.; willows, *Salix* spp.; basswood, *Tilia americana* L.; Manitoba maple, *Acer negundo* L.	1924
European pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* (Denis & Schiff.)	Red pine, *Pinus resinosa* Ait.; jack pine, *P. banksiana* Lamb.; Scots pine, *P. sylvestris* L.	1925
Mountain-ash sawfly, *Pristiphora geniculata* (Htg.)	Mountain-ash, *Sorbus* spp.	1926
Birch leafminer, *Fenusa pusilla* (Lep.)	Birches, *Betula* spp.	1929
Introduced pine sawfly, *Diprion similis* (Htg.)	Pines, *Pinus* spp.	1931
Birch casebearer, *Coleophora serratella* (L.)	Birches, *Betula* spp.	1933
European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoff.)	Red pine, *Pinus resinosa* Ait.; Scots pine, *P. sylvestris* L.	1939
Elm leaf beetle, *Pyrrhalta luteola* (Müll.)	Elms, *Ulmus* spp.	1945
Smaller European elm bark beetle, *Scolytus multistriatus* (Marsh.)	Elms, *Ulmus* spp. (vector for Dutch elm disease)	1946
Ambermarked birch leafminer, *Profenusa thomsoni* (Konow)	Birches, *Betula* spp.	1948
Apple ermine moth, *Yponomeuta malinella* Zell.	Apples, crab apples, *Malus* spp.	1957
Pine false webworm, *Acantholyda erythrocephala* (L.)	Pines, *Pinus* spp.	1961
European pine needle midge, *Contarinia baeri* (Prell)	Red pine, *Pinus resinosa* Ait.; Scots pine, *P. sylvestris* L.	1964
Early birch leaf edgeminer, *Messa nana* (Klug)	Birches, *Betula* spp.	1967
Pear thrips, *Taeniothrips inconsequens* (Uzel)	Sugar maple, *Acer saccharum* Marsh.; red maple, *A. rubrum* L.	1989

(Continued...)

Table 1. Significant alien pests threatening Canada's forests. *(Continued)*

Alien forest pest	Primary hosts	Year detected
INSECTS *(cont.)*		
Pine shoot beetle, *Tomicus piniperda* (L.)	Eastern white pine, *Pinus strobus* L.; red pine, *P. resinosa* Ait.; Scots pine, *P. sylvestris* L.; spruces, *Picea* spp.	1993
Brown spruce longhorn beetle, *Tetropium fuscum* (Fabricius)	Red spruce, *Picea rubens* Sarg.; Norway spruce, *P. abies* (L.) Karst; black spruce, *P. mariana* (Mill.) BSP; white spruce, *P. glauca* (Moench) Voss	2000*
Emerald ash borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire	Ash, *Fraxinus* spp.	2002
Asian long-horned beetle, *Anoplophora glabripennis* (Mots.)	Maples, *Acer* spp.; poplars, *Populus* spp.; willows, *Salix* spp.	2003
DISEASES		
Beech bark disease, *Nectria coccinea* (Pers.:Fr.) F. var. *faginata* Lohm., Wats. & Ayers, with beech scale, *Cryptococcus fagisuga* Lind.	American beech, *Fagus grandifolia* Ehrh.	1890
Dothichiza canker, *Cryptodiaporthe poplea* (Sacc.) Butin	Poplars, *Populus* spp.	pre-1900
Chestnut blight, *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr [syn. *Endothia parasitica* (Murr.) P.J. & H.W. Anderson]	American chestnut, *Castanea dentata* (Marsh.) Borkh.	post-1904
White pine blister rust, *Cronartium ribicola* J.C. Fisch.	Eastern white pine, *Pinus strobus* L.; whitebark pine, *P. albicaulis* Engelm.; western white pine, *P. monticola* Dougl. ex D. Don	1917
Willow scab, *Venturia saliciperda* Nüesch	Willows, *Salix* spp.	ca. 1925
Dutch elm disease, *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf.	Elms, *Ulmus* spp.	1944
Scleroderris canker (European race), *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet	Red pine, *Pinus resinosa* Ait.; jack pine, *P. banksiana* Lamb.; Austrian pine, *P. nigra* Arnold; Scots pine, *P. sylvestris* L.	1978
European larch canker, *Lachnellula willkommii* (R. Hartig) Dennis	Larches, *Larix* spp.	1980
Butternut canker, *Sirococcus clavigignenti-juglandacearum* Nair, Kostichka & Kuntz	Butternut, *Juglans cinerea* L.	1991

Sources: Campbell (1996); Hendrickson (1998); Myren (1994); Martineau (1984); Lachance (1979); Conners (1972); Davidson (1964).

*Collected in 1990, but misidentified.

disease, beech bark disease, balsam woolly adelgid, and white pine blister rust. Chestnut blight and Dutch elm disease have had such a devastating effect that the host species, American chestnut and American elm, respectively, have ceased to be a significant part of the deciduous forests of southeastern Canada. They exist only as "ghost" trees, and ecosystems in the region now contain a different mixture of species (Hall et al. 1996, p. 11). Beech bark disease and balsam woolly adelgid reduce the value of the wood in infected trees. White pine blister rust, along with the native white pine weevil, *Pissodes strobi* (Peck), has greatly reduced the commercial value of planting white pine and threatens ecologically important species such whitebark pine (Campbell 1998).

When the pest does not damage the host tree species in its country of origin (often in the same genus it attacks in Canada), scientists here have little information with which to begin their search for controls. The balsam woolly adelgid has caused extensive damage to balsam fir stands in eastern Canada, yet it does not harm firs in its native Europe (Hall et al. 1998, p. 12, 13). No effective controls have been found for blights or adelgids.

In Quebec, almost 600 vascular plant species have been introduced since early settlement, and among these, 275 species were introduced accidentally (Rousseau 1968). Many of these introduced plants are considered weeds. Purple loosestrife, *Lythrum salicaria* L., threatens

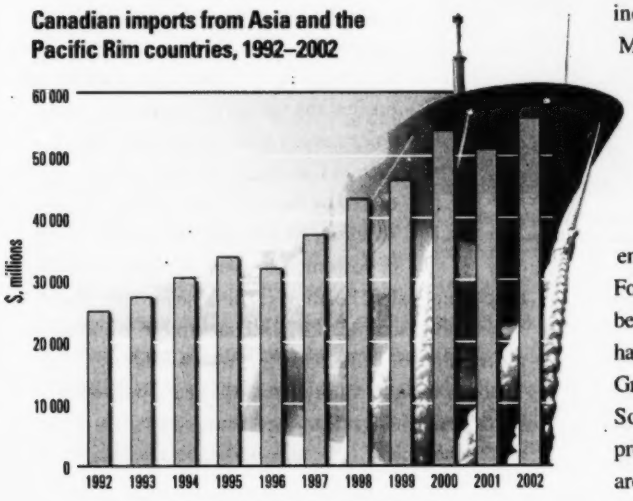
natural ecosystems in eastern Canada, and Tatarian honeysuckle, *Lonicera tatarica* L. (Leysser.), has invaded woodlots in central Ontario (Environment Canada 1999). Common along both the Atlantic and Pacific coasts of North America, two related invasive weeds, Scotch broom, *Cytisus scoparius* (L.) Link and gorse, *Ulex europaeus* L., are hindering the regeneration of commercial forest tree species such as Douglas-fir, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*, and encroaching on stands of Garry oak, *Quercus garryana* Dougl., in British Columbia (Peterson and Prasad 1998).

Some pests arrive in dunnage, such as this crate of granite

New Arrivals and Expanding Ranges

Despite detection efforts at Canada's ports of entry, the frequency of introductions and the number of alien species are increasing. This trend results mainly from the use of shipping containers, direct point-to-point delivery of shipments, the increase in the volume of trade, and a broadening of trading partners, especially with the Pacific Rim and Asia. Trade volume is so large that on average only 1% to 2% of shipments are inspected. Rates of inspection are higher for targeted shipments, such as regulated commodities, and for shipments originating from certain countries. Other countries achieve similar inspection rates.

Canadian imports from Asia and the Pacific Rim countries, 1992–2002



Sources: Statistics Canada and the Library of Parliament.

Three new arrivals causing concern are the brown spruce longhorn beetle, the emerald ash borer, and the Asian long-horned beetle.[2] Transported in untreated wooden packing materials in shipments from China, these wood-boring beetles could spread to Canadian forests from their initial urban infestations. Like many other introduced insects, these three newly arrived pests have no known natural predators in Canada nor in their native ranges.

In 2000, the brown spruce longhorn beetle, mistakenly identified as a related native species 10 years earlier, was confirmed in red spruce in Point Pleasant Park, Halifax, Nova Scotia. If not confined and eradicated, this beetle threatens spruce forests, primary sources of timber in most of Canada.

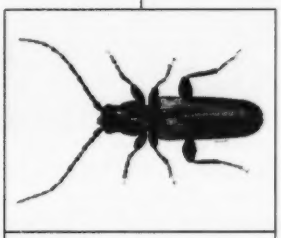
The destructive emerald ash borer was first discovered in the Windsor-Essex region of Ontario and in the United States in 2002. It threatens all species of ash, trees widely distributed throughout North America.

The Asian long-horned beetle had already been the target of control campaigns in New York and Chicago since 1996, where millions of dollars had been spent to cut down thousands of infected city trees, before it was found established in Toronto in 2003. This destructive beetle tunnels into healthy trunks and branches, eventually killing the tree. It mainly attacks broadleaf trees, including maples. The sugar maple, *Acer saccharum* Marsh., is Canada's national tree and a stylized version of its leaf is the central feature of the Canadian flag. It is also the principal source of sap for a maple syrup and sugar industry worth $100 million annually, or 80% of the world market.

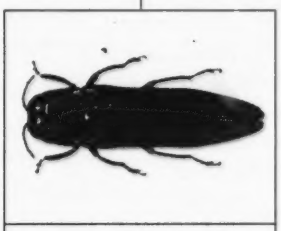
Scientists and quarantine officials warn that the entry into Canada of other destructive pests is imminent. For instance, six alien species of bark and wood-boring beetles (from the Scolytidae and Cerambycidae families) have become established in urban forests and parks in the Greater Vancouver area since 1995 (Humble et al. 1998). Some of these recent introductions, as well as other previously introduced species, have dispersed into and are established in industrial forest lands in southwestern British Columbia. In some urban forests in British

Columbia, alien ambrosia beetles are more abundant than the native ones. CFS scientists are currently assessing the impact alien ambrosia beetles would have on rural forest ecosystems.

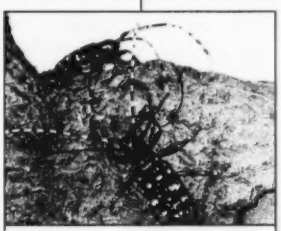
Many of these insects have been detected in wooden packing materials including wire spools, crates, pallets, and props, referred to as dunnage, in shipments of products such as wire rope, machinery, and stone. In March 2002, a standard for regulating wood packaging in international trade to reduce the risk of global movement of forest pests was approved under the United Nations' International Plant Protection Convention. This standard, *Guidelines for Regulating Wood Packaging in International Trade* (UN FAO 2002), provides the technical justification for countries to establish import measures that control the entry of wood packaging including ship's dunnage. Canada, the United States, and Mexico, as members of the North American Plant Protection Organization (NAPPO), a regional body of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), have agreed to begin phased-in implementation of this new standard in their respective countries beginning in January 2004. Canada's policy (CFIA 2004) calls for dunnage and wood packaging to be either heat treated to a temperature of 56°C at the core of the wood for at least 30 minutes or fumigated using methyl bromide at specific rates, temperatures, and time combinations.[3] The treatment process must be approved by the National Plant Protection Organization in the country from which the dunnage and wood packaging originates. Also, the dunnage and wood packaging must be marked with an internationally recognized mark.



Brown spruce longhorn beetle



Emerald ash borer



Asian long-horned beetles

Other potentially destructive alien insects threatening Canadian forests include the Asian race of gypsy moth, a Eurasian spruce bark beetle, *Ips typographus* L., and pine shoot beetle. The Eurasian spruce bark beetle, which is a carrier of a tree-killing bluestain fungus, is continually intercepted on wood and wood packing from Europe and Asia. If established in Canada, it would affect spruce and other conifers of the boreal forest.

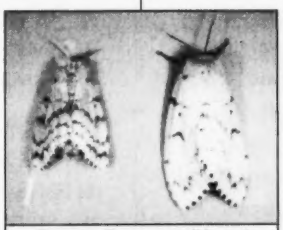
Although technically not a new arrival, the pine shoot beetle has recently spread from pine plantations, where it was first found and managed satisfactorily, to established surrounding forest stands (Humphreys and Allen 1999). This has spawned fears that the beetle could become established in the boreal forest.

Tree diseases are less obvious but equally serious threats to Canada's forests. Two that have been expanding their ranges in eastern Canada are butternut canker and European larch canker. Butternut canker has been known to be present in southern Ontario and the lower St. Lawrence portions of Quebec since 1991, having been introduced from the eastern United States. In 1998, it was detected in New Brunswick (Harrison and Hurley 1998). European larch canker appears to have been successfully limited through quarantine to coastal parts of mainland Nova Scotia and New Brunswick (CFS 1998a).

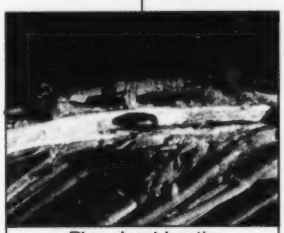
On the west coast of North America, quarantine officials and scientists on both sides of the border are working to prevent the spread of sudden oak death, an extremely serious plant disease. First seen in California in 1993, this disease, caused by the canker fungus *Phytophthora ramorum* Werres et al. kills a wide variety of hosts in many plant families, including beech (e.g. oaks), heath (e.g. rhododendrons), maple, rose, laurel, honeysuckle, and buckthorn. Biological information is still imperfect about this organism. There is usually a lag of several years between the introduction of tree canker diseases and their detection in the forest.

Why Is Information on Alien Forest Pests Needed?

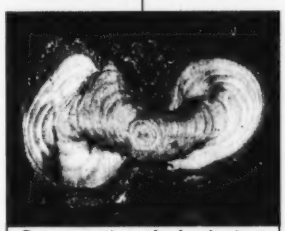
Canada's forests are central to its economic, environmental, and social well-being, as well as to the very identity of Canadians. Forests filter the air we breathe and the water we drink and provide habitat for countless species of plants and animals. They also offer a multitude of spiritual and recreational values. Some 800 Aboriginal communities exist within the forest environment. In addition, the forest supports an economic sector that contributes substantially to the wealth of almost every part of the country, providing jobs for about one million Canadians, mostly in rural communities. Canada is the world's largest forest products exporter and forest products have been critical to Canada's ability to maintain a positive trade balance. In 2002, forest products contributed $33.6 billion to Canada's surplus balance of trade.



Female European (*L*) and Asian (*R*) gypsy moths



Pine shoot beetle "mining" a shoot



Cross section of a larch stem damaged by European larch canker

Forest resource management is primarily the responsibility of the provincial and territorial governments; the federal government's role in forestry focuses on trade and investment, national statistics, science and technology, Aboriginal affairs, environmental regulations, and international relations. The levels of government share responsibilities for and cooperate on science and technology, industrial and regional development, the environment, and other forestry matters.

The CFS, Natural Resources Canada, is the principal federal forest research organization in Canada. It addresses the issue of alien forest pests by providing provincial and territorial forest agencies, private sector forest managers, other federal departments and agencies, Aboriginal forest organizations, non-governmental organizations, and the interested public with

- compilations and syntheses of fundamental ecological information on potential alien forest pests and methods for detection, identification, and monitoring;
- assessments of the potential for the establishment and spread of alien forest pests in Canadian forests and of their impacts on Canada's forest ecosystems, economy, and communities;
- systems for predicting the establishment and spread of alien pests; and
- mitigative and preventive measures, including silvicultural options, natural control products, and decision-support systems.

The CFS works cooperatively with other federal departments and agencies, including those with responsibilities for forested land and with regulatory mandates affecting the forest sector. The Pest Management Regulatory Agency, Health Canada, is responsible for providing safe access to pest management tools, while minimizing risks to human and environmental health. Decisions to apply approved pesticides reside with provincial governments. Environment Canada also participates in the regulation of pest control products.

The Canadian Food Inspection Agency (CFIA) provides all federally mandated food inspection and quarantine services. The CFS collaborates with the CFIA in the detection, identification, and assessment of known and potential alien forest pests. Developing detection methods and creating risk scenarios to determine the likelihood of alien species becoming established in Canada are crucial for effective regulatory and pest management strategies. In July 1998, Natural Resources Canada and the CFIA signed a Memorandum of Understanding to formally define the roles of the CFS and the Plant Health Division, CFIA, in the management of plant quarantine pests affecting forests and forest products.

Impacts of Alien Forest Pests

Organisms that spread naturally, in response to changing environmental conditions or because they are transported by wind, water, or animals, into habitats in which they have not previously occurred usually do not make a great impact on ecosystems or their inhabitants. Most alien pests are accidentally introduced into Canada on imported goods, by travelers, or on vehicles; sometimes they are deliberately imported as ornamental plants, pets, and so on, and escape. Although most introduced organisms fail to survive and do not become established in this country, history has shown that the potential for damage is large if they do (Heywood 1995). Furthermore, a comprehensive analysis in the United States concluded that the number of established alien species and their environmental, economic, and social impacts are chronically underestimated, especially for species that do not directly damage specific industries such as agriculture and forestry or human health (US Congress 1993, p. 5).

Ecological Implications

Forest Health

"A healthy forest is one that maintains and sustains desirable ecosystem functions and processes" (CFS 1999). Healthy forests are essential for environmental health, wealth generation, and job creation. Forest ecosystems are healthy when their underlying ecological processes operate within a natural range of variability, so that on any temporal or spatial scale they are dynamic and resilient to disturbance (Kimmins 1997; AFMSC 1997; Lacky 1998). Long before European settlement, Canada's vast forests evolved in response to recurrent and often profound, but inherent, influences, including wildfire, wind, ice storms, floods, drought, insects, diseases, and climate change. Human activities have disrupted the natural range of variation in structure, composition, and landscape patterns of Canadian forests. These activities include harvesting, fire protection, and the introduction of insects, diseases, and other foreign organisms. Forest management practices, such as intensification of timber production, may alter patterns of forest succession and host–pest dynamics and may increase the susceptibility of Canada's forests to alien invasive organisms.

Biological Diversity

The United Nations' Convention on Biological Diversity defines "biological diversity" as "the variability among living organisms from all sources, including terrestrial, marine, and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part; this includes diversity within species, between species, and of ecosystems."[4] More simply, biodiversity means the "variety of life." It can be addressed in terms of genes, species, ecosystems, and landscapes and therefore through the scientific disciplines of genetics, taxonomy, and ecology. Biologically diverse ecosystems tend to be more resilient and can recover more readily from perturbations (Tilman and Downing 1994).

The negative effects of invasive organisms on biodiversity were recognized as early as 1958 (Elton 1958, cited in Heywood 1995, p.757). Invasive alien species are now regarded as second only to habitat loss as a leading threat to biodiversity (Wilcove et al.1998). Introduced species arrive without their natural parasites and predators. They deteriorate the habitat conditions needed to support native species; they prey on native species, displace them or hybridize with them. Globally, about 20% of the vertebrates that are thought to be in danger of extinction are threatened by invasive species (UNEP 1999). In 2002, 24% of the species at risk listed by the Canadian Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada may have been threatened with extinction because of invasive alien species (Stronen 2003).

Economic and Social Consequences

Changes in ecosystem functioning precipitated by invasive species can jeopardize the provision of services and goods by those ecosystems. Economic and social consequences include loss of income, costs for recovery actions, termination of certain activities in some instances when recovery is not possible, protection costs, monitoring costs, and costs for pest control (as opposed to control by natural enemies) (Filip and Morrell 1996; Wallner 1996). Cornell University ecologists have estimated that the 50 000 alien species in the United States cost US$138 billion a year in economic losses, with a list that runs from alien weeds (US$35.5 billion) and introduced insects (US$20 billion) to human disease-causing organisms (US$6.5 billion)

and even the mongoose (US$50 million) (Pimentel et al. 1999).

Timber Losses

Because quantification of damage and control costs is difficult, Canada has no estimate of timber losses caused by alien pests alone. Losses due to alien forest pests in the United States are estimated to be about US$4 billion per year (Pimentel et al. 1999). For Canada, the area affected by both native and exotic forest pests totals about 400 000 ha per annum (CFS 1998b). The annual harvested area is about 930 000 ha. From 1981 to 1995, Canadian timber volume losses due to forest insects and diseases were estimated at 61 million m^3 per year versus an annual harvest of 170 million m^3 for the same period (CFS 1998b). For timber lost that otherwise would have been commercially harvested, this represents an annual financial loss to provincial stumpage, royalty, and rent revenues of about $720 million (Krcmar-Nozic et al. 2000).

Pest Control Costs

Restoring ecosystems to their original condition by the eradication of invasive species can be very expensive or even impossible with currently available techniques. The use of many available control agents, especially chemical pesticides and some biological agents such as *Bacillus thuringiensis*, or *B.t.*, is resisted by the public. Methyl bromide, regularly used to eradicate pests in ship holds and containers and on docks, is also an ozone-depleting compound; its continued use as a fumigant is uncertain (see note 3). For now, the primary effective control method used to contain and eradicate alien pests established in trees is the destruction of the trees; this is the method that has been used with Dutch elm disease, brown spruce longhorn beetle, and other pests.

Alternative control products are slow in becoming available. The cost of finding and introducing biological control agents can be high because the safety of native species must be considered. New control products generally have to be pest-specific and thus have limited application. Their low profitability, coupled with regulatory requirements, tends to discourage the pesticide industry from developing such products. In the United States, large pesticide companies are interested in developing products that can generate annual sales in the order of $50 million. Small companies are satisfied with annual sales of at least $5 million, but usually experience difficulty in financing the startup costs, especially the registration, of producing a new pesticide. To date, every company that has attempted to manufacture a gypsy moth virus product has failed to bring it to market (Podgwaite 1999). However, research continues to find new natural control agents, as well as silvicultural treatments and genetically resistant seedlings, to include in the arsenal against forest pests.

Risk Assessment

Prediction and prevention measures may be the most cost effective and efficient means to battle alien forest pests. This would involve determining which alien pests are most likely to become established and spread in Canadian forests; under what environmental conditions, including those projected for climate change, they would most likely flourish; and which of the growing number of pests will cause the greatest social and economic impacts. With this information, scientific effort could be better directed. Regulatory and other preventive measures, including, if needed, pest management ones, could be initiated. Efforts to contain the damage wreaked by a surprise entry of a new destructive pest would be avoided. Decision-makers, shippers, and the general public would be more aware of the risk presented by the entry of those organisms identified in the assessment process.

Impacts on Urban Forests

Urban areas near ports of entry and receiving points for international shipments, notably Halifax, Montréal, the Great Lakes basin, and Greater Vancouver, are often where alien pests first become established. The trees in these areas are valued far beyond what they would be worth as raw material for forest products. For example, according to one estimate, the nearly 700 000 elm trees in Canadian cities and towns have been valued at $2.5 billion (Hubbes 1999). Therefore, the general public's perception of the threats to forest health from non-indigenous pests has graver political consequences than just the loss of trade or timber supplies. The millions being spent on destroying trees infected by the Asian long-horned beetle, brown spruce longhorn beetle, and emerald ash borer in eastern Canada testify to this. When these beetles became established in parks, boulevards, and yards, Canadians had to face the cutting and removal of stately

trees from their neighborhoods. The CFS participates with CFIA and provincial and municipal agencies to find ways to manage the threat to trees in cities, trees that are valued for other than conventional use in timber products.

Trade Implications

Quarantine pests are the subject of the FAO's International Plant Protection Convention (IPPC), an international agreement between 106 countries. IPPC is recognized in the Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures of the World Trade Organization (WTO) as the international reference point for the development and harmonization of phytosanitary standards, guidelines, and recommendations. As an affiliate of the FAO, NAPPO adheres to the IPPC and is recognized as the authority on phytosanitary issues under the North America Free Trade Agreement (NAFTA).

The signatories to IPPC agree, among other things, to provide the following:

- reports on the existence, outbreak, and spread of economically important non-native pests of plants and plant products that may be of immediate or potential danger, and
- information on effective management methods for pests of alien plants and plant products.

In addition, importing countries can ask that restrictions be imposed on regions that they suspect have pests posing a threat to their crops and livestock. Non-tariff barriers to trade can and have been mounted under this agreement. Countries have recourse through the WTO to resolve disputes involving phytosanitary regulations.

Canada's heavy reliance on exporting natural resource products makes it vulnerable to trade disputes and susceptible to the consequences of the introductions of quarantine forest pests. If a quarantine forest pest is believed to be established in Canada, importing countries can refuse entry to Canadian goods unless they have been certified free of these organisms. Two examples of forest pest that have caused problems for the export of Canadian forest products are pinewood nematode and gypsy moth.

The pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Buhrer) Nickle, is a microscopic organism that causes pine wilt disease resulting in economic damage to pines in Japan and China. The organism is also present in North America, where it does not cause any economic damage to the native conifer forest (Evans et al. 1993). European Community countries imposed plant health regulations on shipments of green lumber from Canada even though there was no proof that the presence of pinewood nematode on Canadian lumber shipments would lead to pine mortality in European forests.

A European race of the gypsy moth is considered a serious forest pest. It was first introduced into the eastern United States in 1868 and later into Ontario and Quebec. Though not established in British Columbia, repeated introductions in the province over the past 20 years have required continued monitoring, eradication programs, and public awareness (Humble and Stewart 1994). In 1998, partly because of concern from the neighboring US states over the spread of this pest, and its more dangerous relative, the Asian gypsy moth, southern Vancouver Island was included in a quarantine zone. This involved certification and inspection of shipments and all vehicular traffic from this region. These measures, combined with eradication programs, may contain the moth in this area and possibly eliminate it. It is in the interest of Canada and its forest sector to detect, prevent, and, if necessary, control the spread of such quarantine organisms in order to protect its forests and access to markets.

Invasive Organisms: A Global Concern

The impact of the spread of invasive organisms is increasingly recognized as a global change issue. The scope of the issue is beyond the capacity of any one country to manage. It requires a collective expertise in botany, zoology, and microbiology that can only be attained through global cooperation.

Invasive organisms are on the agenda of many countries. In February 1999 a United States Presidential Executive Order featured an incremental budget of US$29 million annually and the development of a national management plan (completed in 2001) for invasive organisms, including plants and animals. The United States has developed a strategic plan with a budget of US$365 million over nine years to manage the Asian long-horned beetle pest. New Zealand, recognizing its vulnerability as an island state to invasion by alien

species, views breaches of its borders by these organisms as a biological threat to its national economic, environmental, and social security (Penman 1998). Canada is in the process of developing a national strategy on invasive alien species.

The spread of alien organisms is being acknowledged as a global concern in several international fora. Canada, as a signatory to the United Nations Convention on Biological Diversity, is committed to managing and using its natural resources in a sustainable manner, to conserving its biodiversity, and hence to maintaining the productivity and resilience of its forests. Specifically, Article 8h of the convention prescribes that signatories should, as far as possible, prevent impacts of alien species and develop national strategies, plans, or programs to this end. The issue of invasive alien organisms is also on the agenda of the parties to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). In addition, the North American Forestry Commission, of which Canada is a member, is developing a database for the management of exotic forest pests introduced to North America[5] and provides scientific advice to NAPPO. Another body, the International Forest Quarantine Research Group, provides similar expertise to the IPCC. In 1997, a working group of 12 countries spanning five continents, known as the Montreal Process Working Group, developed a framework of internationally agreed-upon criteria and indicators for the conservation and sustainable management of temperate and boreal forests. The framework developed by the group contains an indicator that addresses alien forest pests.

No global strategy yet exists to address the invasive species problem. To rectify this, the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity fostered an initiative to establish the Global Invasive Species Program (GISP), a component of an international program on the science of biodiversity, DIVERSITAS. GISP will draw together the best management approaches for pest prevention and control and make these readily accessible to all nations; it will lay the groundwork for new tools in science, information management, education, and policy that must be developed through collaborative international action. In addition, this program will assess the current status of the science dealing with invasive species.

The trend is towards convergence of international bodies focusing on purely trade/quarantine matters and those devoted to broader biodiversity/ecosystem health concerns. For instance, the Interim Commission on Phytosanitary Measures decided that closer cooperation was required between the secretariat of the IPPC and that of the Convention on Biological Diversity to avoid conflicting developments within these bodies on alien invasive species and plant pests.

Emerging Issues

The introduction, establishment, and spread of alien species will continue. Unfortunately, there are no easy solutions. In the short term, we need to prevent entry and spread, using eradication techniques when necessary; set up early-detection systems; and conduct timely and reliable risk assessments. In the longer term, we must address their effects on forest ecosystems–on the composition, processes, and resiliency–and on timber losses. Issues that will likely affect the forest sector include the following:

- international cooperation in the research and sharing of information on the biology and impact of current and potential alien invasive species;
- restrictions by trading partners on Canadian forest products because of the potential, perceived, or real threat of quarantine pests from Canada;
- increased entry of alien pests into Canada, their establishment and spread, under current and projected forest management practices and environmental conditions, including the effects of global change; and
- lack of alternatives to the currently available, permitted pest control agents

Notes

1. From a biodiversity and ecological perspective, the terms "alien species" and "non-indigenous species" are commonly used. Regulatory and related agencies tend to employ the terms "exotic" and "foreign" species.
2. For descriptions of these and other plant pests, visit the Canadian Food Inspection Agency Web site http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/protect/pestrava/pestravae.shtml

3. Under the Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer, an international agreement under the United Nations Development Programme (http://www.undp.org/seed/eap/montreal/montreal.htm), the use of methyl bromide as a pesticide by developed countries must be phased out by 2005. Methyl bromide may still be used for quarantine purposes but pressure could mount to discontinue its use even as a fumigant. Replacement products would then be needed to reduce the risk of alien pest introductions.
4. The United Nations presented the Convention on Biological Diversity at its Conference on the Environment and Development in Rio de Janeiro, Brazil, June 1992. The convention grew out of recognition by the world community of the threat posed by the degradation of ecosystems and loss of species and genetic diversity. On 4 December 1992, with the support of the provinces and territories, Canada became the first industrialized country to ratify the convention. See Environment Canada (1995).
5. Visit the North American Forestry Commission's database Exotic Forest Pest Information System for North America: http://spfnic.fs.fed.us/exfor/.

References

(AFMSC) Alberta Forest Management Science Council. 1997. Sustainable forest management and its major elements: advice to the Land and Forest Service on timber supply protocols. Unpublished report available from the Government of Alberta, Edmonton.15 p.

Campbell, E. 1998. Whitebark pine forests in British Columbia: composition, dynamics, and the effects of blister rust. M.S.Thesis, University of Victoria, Victoria, BC. 136 pages.

(CFIA) Canadian Food Inspection Agency. 2004. Entry requirements for wood packaging materials produced in all areas other than the continental United States. Policy Directive 98-08. Plant Products Directorate, CFIA, Nepean, ON.

(CFS) Canadian Forest Service, Natural Resources Canada. 1999. Forest health in Canada: an overview 1998. Forest Health Network, Atlantic Forestry Centre, Fredericton, NB. 60 p.

(CFS) Canadian Forest Service, Natural Resources Canada. 1998a. Forest health highlights in Canada. Forest Health Network. Atlantic Forestry Centre, Fredericton, NB. Pamphlet.

(CFS) Canadian Forest Service, Natural Resources Canada. 1998b. The state of Canada's forests 1997–1998: the people's forests [print and on-line]. Ottawa, ON. <http://nrcan.gc.ca/cfs/proj/ppiab/sof/common/latest.shtml>.

Conners, I.L. Editor. 1972. Plant pathology in Canada. Canadian. Phytopathology Association. University of Manitoba, Winnipeg, MB.

Davidson, A.G. 1964. Dutch elm disease. Dep. For., Ottawa, ON. Publication 1187. 23 p.

Elton C.S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. Methuen, London.

Environment Canada. 1995. Canadian Biodiversity Strategy: Canada's response to the Convention on Biological Diversity. Biodiversity Convention Office, Hull, QC. 80 p.

Environment Canada. 1999. Invasive plants of natural habitats in Canada: an integrated review of wetland and upland species and legislation governing their control [on-line publication]. Wildlife Habitat Conversation, Canadian Wildlife Service. <http://www.cws-scf.ec.gc.ca/habitat/inv/index_e.html>. Accessed 25 August 1999.

Evans, H; Mes-Hartree, M.; Kubicek, Q.B. 1993. Risk of transmission of pinewood nematode, its vectors and pine wilt to EC forests. Report of the EC/Canada/USA Tech. Team. Unpublished report available from Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Ottawa, ON. 25 p.

Filip, G.M.; Morrell, J.J. 1996. Importing Pacific Rim wood: pest risks to domestic resources. J. For. 94(Oct.): 22–26.

Hall, J.P.; Bowers, W.W.; Hirvonen, H. 1998. Forest insect and disease conditions in Canada 1995. Can. For. Serv., Nat. Resour. Can., Ottawa, ON.

Hall, J.P.; Magasi, L.; Carlson, L.; Stolte, K.; Niebla, E.; Bauer, L.I. de; Gonzalez-Vicente, C.E.; Hernández-Tejeda, T. 1996. Health of North American forests.

Can. For. Serv., Nat. Resour. Can., Ottawa, ON. North American Forestry Commission Rep.

Harrison, K.J.; Hurley, E.J. 1998 Butternut canker—a first record for New Brunswick. Can. For. Serv., Nat. Resour. Can., Atlantic Forestry Centre, Fredericton, NB. Tech. Note 315.

Hendrickson, O. 1998. Policy and policy development on conservation of biodiversity. Presented at the Model Forest Workshop, Gananoque, ON, 1998. Unpublished paper available from Can. For. Serv., Nat. Resour. Can., Ottawa, ON.

Heywood, V.H. Editor. 1995. Global biodiversity assessment. United Nations Environment Programme (UNEP). Cambridge University Press, New York, NY/Melbourne, Australia. 1140 p.

Hubbes, M. 1999. The American elm and Dutch elm disease. For. Chron. 75(2):265–273.

Humble, L.M.; Chong, L.J.; Seed, J.; Borden, J.H. 1998. Non-indigenous bark and wood-boring beetles: from urban reservoirs to natural forests. Poster presented at a meeting of the North America Plant Protection Organization (NAPPO), Halifax, NS, Nov. 1998. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Pacific Forestry Centre, Victoria, BC/Department of Biological Sciences, Simon Fraser University, Burnaby, BC.

Humphreys, N.; Allen, E. 1999. The pine shoot beetle. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Exotic Forest Pest Advisory 2.

Johnstone, K. 1991. Timber and trauma: 75 years with the federal forestry service 1899–1974. For. Can., Ottawa, ON.

Kimmins, J.P. 1997. Biodiversity and its relationship to ecosystem health and integrity. For. Chron. 73(2): 229–232.

Krcmar-Nozic, E.; Wilson, B.; Arthur, L. 2000. The potential impacts of exotic forest pests in North America: a synthesis of research. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Information Report BC-X-387. 33p + ix.

Lachance, D. 1979. Découverte de la souche européenne de *Gremmeniella abietina* au Québec. Abstract of paper presented at the 71st annual meeting of the Quebec Society for the Protection of Plants. Phytoprotection 60(3):168.

Lacky, R.T. 1998. A patch of common ground. J. For. 96(4): 32–33

Martineau, R. 1984. Insects harmful to forest trees. For. Tech. Rep. 32. Environ Can., Can. For. Serv., Ottawa/ Multiscience Publications (Polyscience), St-Sauveur, QC.

Myren, D.T. 1994. Tree diseases of eastern Canada. Nat. Resour. Can., CFS, Ottawa, ON. 159 p. + ix.

Niemelä, P; Mattson, W.J. 1996. Invasion of North American forests by European phytophagus insects: legacy of the European crucible. Bioscience 46(10):741–753.

Penman, D.R. 1998. Managing a leaky border: towards a biosecurity research strategy. Ministry of Research, Science and Technology, Wellington, New Zealand. Rep. 81. 61 p.

Peterson, D.J.; Prasad, R. 1998. The biology of Canadian weeds. 109. *Cytisus scoparius* (L.) Link. Can. J. Plant Sci. 78:497–504.

Pimentel, D.; Lach, L.; Ziniga, R.; Morrison, D. 1999. Environmental and economic costs associated with non-indigenous species in the United States [on-line]. College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, NY. <http://www.news.cornell.edu/releases/Jan99/species_costs.html>. Accessed 25 May 1999.

Podgwaite, J.C. 1999. Gypchek: biological insecticide for the gypsy moth. J. For. 97(3):16–19.

Rousseau, C. 1968. Histoire, habitat et distribution de 200 plantes introduites au Québec. Naturaliste can. 95: 49–169.

Statistics Canada. 1998. Imports merchandise trade 1997. Vol. 1. Cat. no. 65-203-XPB. International Trade Division, Ottawa, ON.

Stronen, A.V. 2003 Impacts on Canadian species at risk from invasive alien species. Unpublished report. Canadian Wildlife Service, Environment Canada, Gatineau, QC.

Tilman, D.; Downing, J.A. 1994. Biodiversity and stability of grasslands. Nature 367:363–365.

(UNEP) United Nations Environment Programme. 1999. Development of guiding principles for the prevention of impacts of alien species by identifying priority areas of work on isolated ecosystems and by evaluating and giving recommendations for the further development of the global invasive species programme [on-line]. Note by the Executive Secretary, UNEP/CBD/SBSTTA/4/8, 15 Feb. 1999. <http://www.biodiv.org/sbstta4/docs-e.html>.

(UN FAO) United Nations Food and Agriculture Organization. 2002. Guidelines for regulating wood packaging material in international trade. International standards for phytosanitary measures. Publication no. 15. Secretariat of the International Plant Protection Convention, Rome. 20 p.

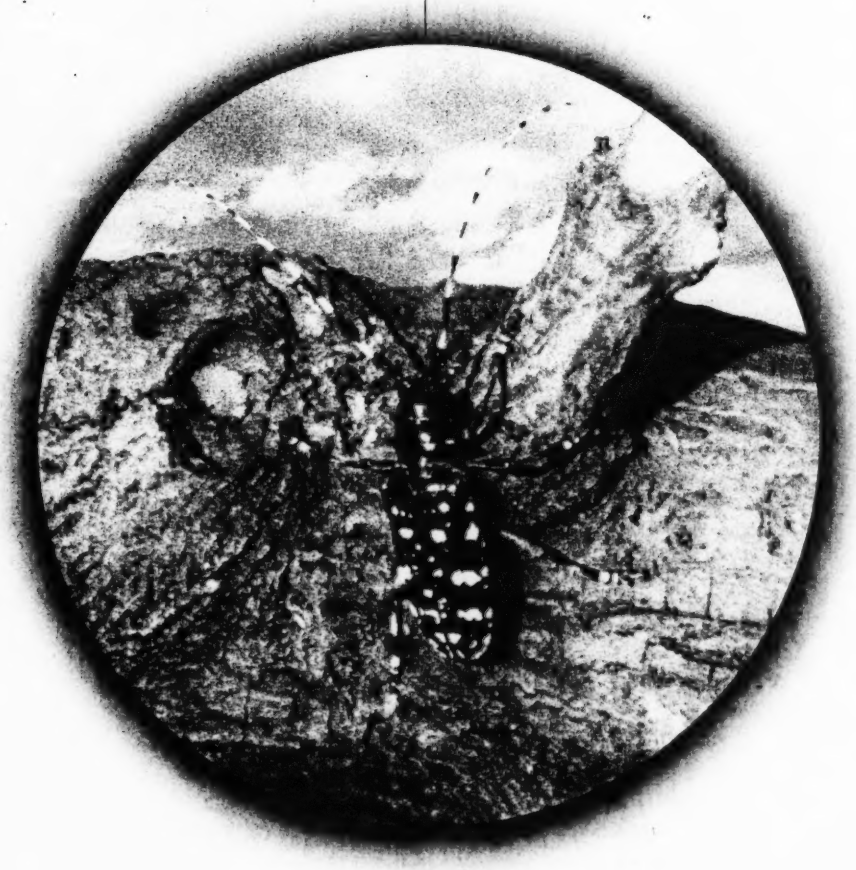
US Congress, Office of Technology Assessment. 1993. Harmful non-indigenous species in the United States. US Government Printing Office, Washington, DC. OTA-F-565.

Wallner, W.E. 1996. Invasive pests ('biological pollutants') and US forests: whose problem, who pays? Bull. OEPP/EPPO 26:167–180.

Wilcove, D.S.; Rothstein, D.; Dubow, J.; Phillips, A.; Losos, E. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States: assessing the relative importance of habitat destruction, alien species, pollution, overexploitation, and disease. Bioscience 48(8):607–615.

Les ravageurs forestiers étrangers

Contexte du Programme scientifique du Service canadien des forêts



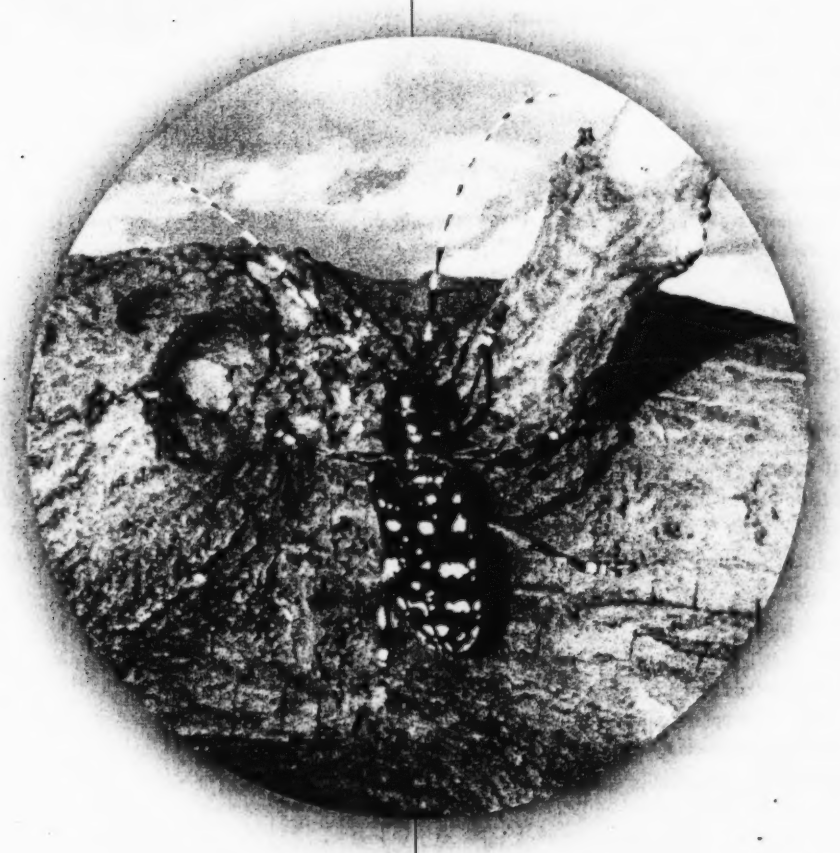
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

Canada

Les ravageurs forestiers étrangers

Contexte du Programme scientifique du Service canadien des forêts



Document contextuel du Programme scientifique

Publié par

Direction des sciences et des programmes

Service canadien des forêts

Ressources naturelles Canada

Ottawa, 2005 (édition révisée)

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 1999, 2005
ISBN 0-662-64525-1
N° de catalogue Fo42-300/1999

Texte : Hans Ottens avec la collaboration d'Eric Allen, Leland Humble, J. Edward Hurley, Ken Harrison et Anthony Hopkin
Production : Catherine Carmody
Révision : Denis Rochon
Conception et mise en page : Sandra Bernier
Traduction : Bureau de la traduction, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada

Données de catalogage avant publication (Canada)

Service canadien des forêts. Direction des sciences

Les ravageurs forestiers étrangers : contexte du Programme scientifique du Service canadien des forêts

(Document contextuel du Programme scientifique)
Texte en français et en anglais disposé tête-bêche.
Titre de la p. de t. addit.: Alien forest pests.
Comprend des références bibliographiques.
ISBN 0-662-64525-1
No de cat. Fo42-300/1999

1. Animaux et plantes nuisibles — Politique gouvernementale — Canada.
2. Animaux et plantes nuisibles — Introduction — Politique gouvernementale — Canada.
3. Insectes forestiers — Politique gouvernementale — Canada.
4. Politique forestière — Canada.

I. Titre.
II. Titre: Alien forest pests.
III. Coll.

SB990.5C3C32 1999 363.7'8 C99-980385-9F

Photographies

Couverture page 1 : Longicorne asiatique; gracieuseté de Ken Law, USDA.

Page 3 et 4 : Rouille vésiculeuse du pin blanc; gracieuseté du Centre de foresterie du Pacifique (CFP) du SCF, Victoria (C.-B.).

Page 7 : Bois d'arrimage; gracieuseté de Eric Allen, CFP (SCF).

Page 8 : *(de haut en bas)* Longicorne brun de l'épinette et agrile du frêne, photos de Klaus Bolte, SCF, Ottawa; longicorne asiatique, gracieuseté de Ken Law, USDA.

Page 9 : *(de haut en bas)* Spongieuses, gracieuseté de Leland Humble, CFP (SCF); grand hylésine des pins, gracieuseté du CFP (SCF); chancre européen du mélèze, gracieuseté du Centre de foresterie de l'Atlantique (SCF), Fredericton (N.-B.).

4 **Introduction**

4 **Qu'est-ce qu'un ravageur forestier étranger?**

6 Ravageurs forestiers étrangers établis

7 Nouveaux arrivants et domaines en expansion

9 **Pourquoi a-t-on besoin d'information sur les ravageurs forestiers étrangers?**

10 Impact des ravageurs forestiers étrangers

10 *Conséquences écologiques*

10 Santé des forêts

10 Diversité biologique

11 *Conséquences économiques et sociales*

11 Pertes de matière ligneuse

11 Coûts de la lutte contre les ravageurs

11 Évaluation des risques

12 *Impact sur les forêts urbaines*

12 *Conséquences commerciales*

13 Les organismes envahissants : un problème mondial

14 **Enjeux actuels**

14 **Notes**

14 **Bibliographie**

Introduction

La propagation des ravageurs forestiers non indigènes ou étrangers[1] représente une menace croissante pour les forêts du Canada et pour le commerce international, qu'il s'agisse des produits forestiers ou d'autres produits, et vise particulièrement les travailleurs et les collectivités canadiennes qui dépendent de la santé des forêts et du caractère concurrentiel du secteur forestier. La propagation d'organismes envahissants, notamment les ravageurs étrangers, est de plus en plus reconnue par les signataires des accords internationaux et les membres d'autres forums auxquels le Canada participe comme un problème qui a de vastes conséquences pour la biodiversité, la santé des écosystèmes, la santé humaine, les industries qui utilisent les ressources naturelles et le commerce international.

Lorsqu'on a découvert en 1917 que la rouille vésiculeuse du pin blanc s'était établie en Ontario et au Québec, le Service canadien des forêts (SCF), qui en était à ses débuts, a été incité à se lancer dans la surveillance et la recherche sur les maladies et les insectes forestiers (Conners, 1972, p. 63; Johnstone, 1991, p. 46, 50). Le SCF est le principal organisme fédéral que les autres ministères et le secteur forestier consultent pour obtenir des connaissances spécialisées en sciences et en politiques forestières, et ceux-ci continueront de le solliciter, peut-être de plus en plus, pour obtenir conseils, informations et technologies afin de lutter contre cette menace touchant les forêts canadiennes ainsi que les industries et les emplois qui en dépendent.

Rouille vésiculeuse du pin blanc sur un pin argenté

Ce document est le troisième d'une série de documents contextuels destinés à faire connaître les orientations actuelles et futures du programme scientifique du SCF. On y définit le concept de ravageur forestier étranger, et on y précise pourquoi le SCF, de concert avec ses nombreux partenaires, aborde ce problème et les questions qui en découlent en réalisant des activités de recherche, de surveillance et d'évaluation.

Qu'est-ce qu'un ravageur forestier étranger?

Toute espèce, sous-espèce, variété ou race qui se rencontre dans une région ou un écosystème où elle n'est pas indigène peut être considérée comme un ravageur étranger. Lorsqu'elles causent des changements dans les écosystèmes, déplacent des organismes indigènes par prédation ou parasitisme, en exerçant une compétition pour l'espace, les nutriments ou les aliments ou en modifiant l'habitat, les espèces étrangères sont considérées comme envahissantes. Lorsque leurs répercussions vont au-delà des niveaux acceptables, ce qui entraîne des dommages environnementaux et des pertes économiques et sociales, les espèces étrangères sont considérées comme des ravageurs.

Certains écosystèmes sont particulièrement susceptibles d'envahissement par les espèces étrangères. Les systèmes insulaires mixtes par exemple, ou les écosystèmes qu'on retrouve dans les environnements humides et dans les régions continentales du sud, ou encore ceux qui sont perturbés par les activités humaines ou qui recèlent une faible diversité biologique. Parmi les autres caractéristiques des écosystèmes vulnérables, on retrouve les structures écologiques simples ainsi que le manque de prédateurs, d'herbivores ou de compétiteurs, mais il pourrait aussi s'agir d'une simple similitude climatique, pédologique ou sédimentaire avec l'habitat des espèces étrangères. Les forêts de l'Amérique du Nord sont particulièrement vulnérables aux invasions par des insectes européens ou asiatiques (Niemelä et Mattson, 1996), qui l'emportent souvent sur leurs homologues nord-américains, en particulier dans les forêts perturbées ou fragmentées. De nombreux pathogènes asiatiques ou européens endémiques ont évolué parallèlement avec leurs hôtes. Les espèces hôtes nord-américaines apparentées n'ont pas eu cette évolution parallèle et sont donc extrêmement susceptibles aux pathogènes non indigènes.

Les forêts boréales, principalement à cause du nombre relativement limité d'espèces qu'elles comprennent, sont considérées comme particulièrement vulnérables aux invasions d'espèces étrangères et encore plus lorsqu'elles sont perturbées. Plus de 300 espèces européennes d'insectes arboriphages ont réussi à envahir l'Amérique du Nord; par comparaison, seulement 34 espèces ont fait l'inverse (Niemelä et Mattson, 1996). Ce que la plupart de ces espèces envahissantes ont en commun, outre de ne pas avoir d'entraves naturelles à leur survie et à leur propagation, c'est qu'elles sont des généralistes : elles se reproduisent rapidement et se dispersent sur de grandes distances lorsqu'elles en ont la chance; elles tolèrent une diversité relativement grande d'habitats et résistent à l'éradication une fois établies.

Tableau 1. Ravageurs étrangers menaçant les forêts du Canada (E=Est du Canada; O=Ouest du Canada)

Ravageur forestier étranger	Hôtes principaux	Année de détection
INSECTES		
Tenthrède du mélèze (*Pristiphora erichsonii* [Htg.])	mélèzes (*Larix* spp.)	1882
Cul-brun (*Euproctis chrysorrhoea* [L.])	toutes les espèces décidues	1902
Tenthrède européenne du peuplier (*Trichiocampus viminalis* [Fall.])	peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx); peuplier à grandes dents (*P. grandidentata* Michx.); peuplier baumier (*P. balsamifera* L.)	1904
Grande mineuse du bouleau (*Heterarthrus nemoratus* [Fall.])	bouleaux (*Betula* spp.)	1905
Porte-case du mélèze (*Coleophora laricella* [Hbn.])	mélèzes (*Larix* spp.)	1905
Puceron lanigère du sapin (*Adelges piceae* [Ratz.])	Sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.); sapin grandissime (*A. grandis* [Dougl. ex D. Don] Lindl.); sapin subalpin (*A. lasiocarpa* [Hook.] Nutt.); sapin gracieux (*A. amabilis* [Dougl. ex Loud.] Dougl. ex J. Forbes)	1908 E 1950 O
Papillon satiné (*Leucoma salicis* [L.])	peupliers (*Populus* spp.)	1920
Arpenteuse tardive (*Operophtera brumata* [L.])	chênes (*Quercus* spp.); érables (*Acer* spp.); saules (*Salix* spp.)	1920 E 1970 O
Diprion européen de l'épinette (*Gilpinia hercyniae* [Htg.])	épinettes (*Picea* spp.)	1922
Spongieuse, race européenne (*Lymantria dispar* [L.])	chênes (*Quercus* spp.); bouleaux (*Betula* spp.); mélèzes (*Larix* spp.); saules (*Salix* spp.); tilleul d'Amérique (*Tilia americana* L.); érable à feuilles composées (*Acer negundo* L.)	1924
Perce-pousse européen du pin (*Rhyacionia buoliana* [Denis & Schiff.])	pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.); pin gris (*P. banksiana* Lamb.); pin sylvestre (*P. sylvestris* L.)	1925
Tenthrède du sorbier (*Pristiphora geniculata* [Htg.])	sorbier (*Sorbus* spp.)	1926
Petite mineuse du bouleau (*Fenusa pusilla* [Lep.])	bouleaux (*Betula* spp.)	1929
Diprion importé du pin (*Diprion similis* [Htg.])	pins (*Pinus* spp.)	1931
Porte-case du bouleau (*Coleophora serratella* [L.])	bouleaux (*Betula* spp.)	1933
Diprion du pin sylvestre (*Neodiprion sertifer* [Geoff.])	Pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.); pin sylvestre (*P. sylvestris* L.)	1939
Galéruque de l'orme (*Pyrrhalta luteola* [Müll.])	ormes (*Ulmus* spp.)	1945
Petit scolyte européen de l'orme (*Scolytus multistriatus* [Marsh.])	ormes (*Ulmus* spp.) [vecteur de la maladie hollandaise de l'orme]	1946
Tenthrède-mineuse de Thomson (*Profenusa thomsoni* [Konow])	bouleaux (*Betula* spp.)	1948
Hyponomeute des pommiers (*Yponomeuta malinella* Zell.)	pommiers (*Malus* spp.)	1957
Pamphile à tête rouge (*Acantholyda erythrocephala* [L.])	pins (*Pinus* spp.)	1961
Cécidomyie européenne du pin (*Contarinia baeri* [Prell])	pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.); pin sylvestre (*P. sylvestris* L.)	1964
Tenthrède-mineuse du bouleau (*Messa nana* [Klug])	bouleaux (*Betula* spp.)	1967
Thrips du poirier (*Taeniothrips inconsequens* [Uzel])	érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.); érable rouge (*A. rubrum* L.)	1989
Grand hylésine des pins (*Tomicus piniperda* [L.])	pin blanc (*Pinus strobus* L.); pin rouge (*P. resinosa* Ait.); pin sylvestre (*P. sylvestris* L.); épinettes (*Picea* spp.)	1993
Longicorne brun de l'épinette, (*Tetropium fuscum* [Fabricius])	Épinette rouge (*Picea rubens* Sarg.); Épicéa commun (*P. abies* [L.] Karst.); Épinette noire (*P. mariana* [Mill.] BSP); Épinette blanche (*P. glauca* [Moench] Voss)	2000*

(suite...)

Tableau 1. Ravageurs étrangers menaçant les forêts du Canada *(suite)*

Ravageur forestier étranger	Hôtes principaux	Année de détection
INSECTES *(suite)*		
Agrile du frêne (*Agrilus planipennis* Fairmaire)	Frêne (*Fraxinus* spp.)	2002
Longicorne asiatique (*Anoplophora glabripennis* [Mots.])	Érables (*Acer* spp.); peupliers (*Populus* spp.); saules (*Salix* spp.)	2003
MALADIES		
Maladie corticale du hêtre (*Nectria coccinea* [Pers.:Fr.] Fr. var. *faginata* Lohm., Wats. & Ayers) avec la cochenille du hêtre (*Cryptococcus fagisuga* Lind.)	Hêtre d'Amérique (*Fagus grandifolia* Ehrh.)	1890
Chancre dothichizéen du peuplier (*Cryptodiaporthe poplea* [Sacc.] Butin)	peupliers (*Populus* spp.)	avant 1900
Brûlure du châtaignier (*Cryphonectria parasitica* [Murr.] Barr) [syn. *Endothia parasitica* (Murr.) P.J. & H.W. Anderson]	Châtaignier d'Amérique (*Castanea dentata* [Marsh.] Borkh.)	après 1904
Rouille vésiculeuse du pin blanc (*Cronartium ribicola* J.C. Fisch.)	Pin blanc (*Pinus strobus* L.); pin à blanche écorce (*P. albicaulis* Engelm.); pin argenté (*P. monticola* Dougl. Ex D. Don)	1917
Brûlure du saule (*Venturia saliciperda* Nüesch)	saules (*Salix* spp.)	vers 1925
Maladie hollandaise de l'orme (*Ophiostoma ulmi* [Buisman] Nannf.)	ormes (*Ulmus* spp.)	1944
Chancre scléroderrien, race européenne (*Gremmeniella abietina* [Lagerb.] Morelet)	pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.); pin gris (*P. banksiana* Lamb.); pin noir d'Autriche (*P. nigra* Arnold); pin sylvestre (*P. sylvestris* L.)	1978
Chancre du mélèze d'Europe (*Lachnellula willkommii* [R. Hartig] Dennis)	mélèzes (*Larix* spp.)	1980
Chancre du noyer cendré (*Sirococcus clavigignenti-juglandacearum* Nair, Kostichka et Kuntz)	noyer cendré (*Juglans cinerea* L.)	1991

Sources : Campbell (1998); Hendrickson (1998); Myren (1994); Martineau (1984); Lachance (1979); Conners (1972); Davidson (1964).

*Récolté en 1990, mais mal identifié.

Ravageurs forestiers étrangers établis

Au cours du siècle dernier, des ravageurs étrangers se sont établis au Canada et ont entraîné des effets dévastateurs sur la santé des forêts, la biodiversité, la matière ligneuse et d'autres valeurs forestières (Tableau 1). Ce sont notamment la brûlure du châtaignier, la maladie hollandaise de l'orme, la maladie corticale du hêtre, le puceron lanigère du sapin et la rouille vésiculeuse du pin blanc. La brûlure du châtaignier et la maladie hollandaise de l'orme ont eu un effet tellement dévastateur que les espèces hôtes, soit respectivement le châtaignier d'Amérique et l'orme d'Amérique, ont cessé de constituer une partie importante des forêts décidues du Sud-Est du Canada. Ces deux espèces ne sont maintenant que des arbres « fantômes », et les écosystèmes de la région comptent maintenant un mélange d'espèces différent (Hall *et al.*, 1996, p. 11). La maladie corticale du hêtre et le puceron lanigère du sapin réduisent la valeur du bois provenant des arbres infectés. La rouille vésiculeuse de même que le charançon du pin blanc indigène (*Pissodes strobi* [Peck]), ont beaucoup réduit la valeur commerciale de la plantation de pins blancs et menacent des espèces importantes du point de vue écologique comme le pin à blanche écorce (*Pinus albicaulis* Engelm.) (Campbell, 1998).

Lorsque le ravageur ne cause pas de dommages à l'essence hôte dans son pays d'origine (souvent du même genre que celle qu'il attaque au Canada), les scientifiques d'ici ont peu d'indices pour les guider dans leurs recherches d'un moyen de répression. Le puceron lanigère du sapin a causé des dommages étendus aux peuplements de sapins baumiers de l'Est du Canada, mais il n'endommage pas les sapins en Europe, où il est indigène (Hall *et al.*,

1998, p. 12, 13). Aucun moyen de répression efficace n'a été trouvé pour la brûlure ou le puceron lanigère.

Au Québec, près de 600 espèces de plantes vasculaires ont été introduites depuis les premiers établissements, et parmi elles, 275 espèces ont été introduites accidentellement (Rousseau, 1968). Bon nombre des plantes introduites sont considérées comme des mauvaises herbes. La salicaire pourpre (*Lythrum salicaria* L.), menace les écosystèmes naturels de l'Est du Canada, et le chèvrefeuille de Tartarie (*Lonicera tatarica* L. [Leysser.]), a envahi les terres à bois du centre de l'Ontario (Environnement Canada, 1999). Communes en Amérique du Nord le long des côtes, tant du côté de l'Atlantique que du Pacifique, deux mauvaises herbes apparentées, le genêt à balai (*Cytisus scoparius* [L.] Link) et l'ajonc d'Europe (*Ulex europaeus* L.), nuisent à la régénération d'essences forestières commerciales comme le douglas vert (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco var. *menziesii*) et empiètent sur les peuplements de chênes de Garry (*Quercus garryana* Dougl.), en Colombie-Britannique (Peterson et Prasad, 1998).

Certains ravageurs arrivent dans le bois d'arrimage (caisse de dalles de granit)

Nouveaux arrivants et domaines en expansion

Malgré les efforts de détection déployés aux points d'entrée au Canada, la fréquence d'introduction et le nombre des espèces étrangères augmentent. Cette tendance résulte principalement de l'utilisation des conteneurs, de la livraison directe point à point des expéditions, de l'accroissement du volume des échanges commerciaux et des lieux d'origine des partenaires commerciaux, en particulier les pays du Pacifique et de l'Asie. Le volume des échanges commerciaux est si grand que l'on inspecte en moyenne seulement 1 % à 2 % des arrivages. Les taux d'inspection sont plus élevés dans le cas des expéditions ciblées, comme celles qui apportent des produits réglementés ou qui proviennent de certains pays. Les autres pays ont des taux d'inspection semblables.

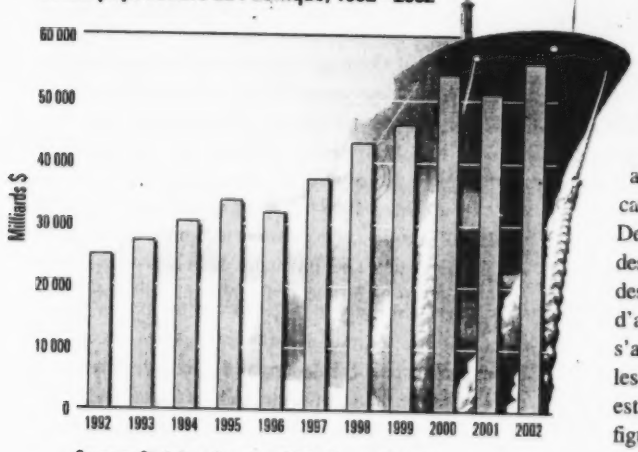
Trois nouvelles introductions causent beaucoup d'inquiétudes : le longicorne brun de l'épinette, l'agrile du frêne et le longicorne asiatique.[2] Transportés dans le bois d'emballage non traité qui accompagne les importations en provenance de Chine, ces insectes qui rongent le bois pourraient se répandre dans les forêts canadiennes à partir de leur point initial d'infestation en milieu urbain. Comme beaucoup d'autres insectes introduits, ces nouveaux ravageurs n'ont aucun prédateur naturel connu au Canada, ni dans leur habitat naturel.

En 2000, la présence du longicorne brun de d'épinette, identifié par erreur comme une espèce indigène 10 ans auparavant, a été confirmée dans des épinettes rouges de Point Pleasant Park, à Halifax en Nouvelle-Écosse. S'il n'est pas éradiqué ou confiné à ce secteur, cet insecte menace les forêts d'épinette, principales sources de bois dans la majeure partie du Canada.

L'agrile du frêne, insecte très destructeur, a été aperçu pour la première fois dans la région de Windsor-Essex en Ontario et aux États-Unis en 2002. Il met en péril toutes les espèces de frêne, essences très répandues dans l'ensemble de l'Amérique du Nord.

Avant sa découverte à Toronto en 2003, le longicorne asiatique avait déjà fait l'objet de campagnes d'éradication dans l'État de New York et à Chicago depuis 1996. Des millions de dollars avaient été dépensés pour abattre des milliers d'arbres infectés en milieu urbain. Cet insecte destructeur creuse des tunnels dans le tronc et les branches d'arbres sains et finit par provoquer la mort de l'arbre. Il s'attaque principalement aux arbres feuillus, notamment les érables. Or l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) est l'arbre emblème national du Canada dont la feuille figure d'ailleurs, en version stylisée, au centre du drapeau canadien. C'est également la principale source de la sève

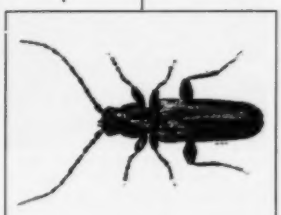
Importations canadiennes provenant d'Asie et des pays côtiers du Pacifique, 1992 – 2002



Sources : Statistique Canada et Bibliothèque du Parlement

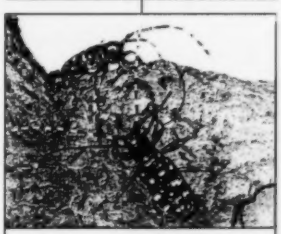
dont on tire le sirop et le sucre d'érable, une industrie d'une valeur annuelle de 100 millions de dollars qui représente 80 % du marché mondial de ce produit.

Les scientifiques et les agents de la quarantaine préviennent que l'entrée au Canada d'autres ravageurs destructeurs est imminente. Par example, six espèces étrangères de scolytes (appartenant aux familles des Scolytidae et des Cerambycidae) sont établies depuis 1995 dans les forêts et les parcs urbains de la région métropolitaine de Vancouver (Humble *et al.*, 1998). Certaines de ces espèces introduites récemment ainsi que d'autres espèces introduites auparavant se sont dispersées et établies dans des terres forestières industrielles du Sud-Ouest de la Colombie-Britannique. Dans certaines forêts urbaines de la Colombie-Britannique, les scolytes ambrosia étrangers sont plus abondants que leurs homologues indigènes. Les scientifiques du SCF sont en train d'évaluer l'impact que les scolytes ambrosia étrangers auraient sur les écosystèmes forestiers ruraux.



Longicorne brun de l'épinette

Agrile du frêne



Longicornes asiatiques

Un grand nombre de ces insectes a été décelé dans des matières d'emballage ligneuses, y compris des bobines de fil, des caisses à claire-voie, des palettes et des supports, appelés bois d'arrimage, utilisés pour expédier des produits comme des câbles métalliques, des machines et des pierres. En mars 2002, une nouvelle norme a été approuvée pour réglementer l'utilisation d'emballage de bois dans le commerce international afin de réduire le risque de déplacement de ravageurs forestiers à l'échelle du monde dans le cadre de la convention internationale des Nations Unies pour la protection des végétaux. Ces lignes directrices sur la réglementation des emballages de bois dans le commerce international (FAO, 2002) procurent aux nations une justification technique pour l'établissement de mesures de contrôle des emballages en bois dans les importations, y compris le bois d'arrimage dans les navires. Le Canada les États-Unis et le Mexique, à titre de membres de l'Organisation nord-américaine pour la protection des plantes (NAPPO), un organisme régional de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), ont convenu d'entreprendre graduellement la mise en application de cette nouvelle norme dans leurs pays respectifs à partir de janvier 2004. Selon la politique canadienne (CFIA, 2004), le bois d'arrimage et d'emballage doit être traité jusqu'au cœur à une température de 56 °C pendant au moins 30 minutes, ou encore fumigé au bromure de méthyle selon des combinaisons précises de teneur, de température et de temps.[3] Le traitement doit être approuvé par l'organisation nationale pour la protection des végétaux du pays d'origine de ce bois d'emballage ou d'arrimage. Enfin, un symbole international reconnu doit être apposé sur le bois.

Parmi les autres insectes étrangers potentiellement destructeurs qui menacent les forêts canadiennes, on retrouve la race asiatique de la spongieuse, le typographe (*Ips typographus* L.) et le grand hylésine des pins. Le typographe, qui est vecteur d'un champignon arboricide qui cause un bleuissement, est continuellement intercepté dans le bois et les emballages de bois provenant d'Europe et d'Asie. S'il s'établissait au Canada, il affecterait les épinettes et d'autres conifères de la forêt boréale.

Bien que techniquement, il ne soit pas un nouvel arrivant, le grand hylésine des pins s'est récemment répandu dans les peuplements forestiers autour des plantations de pins où on l'avait d'abord décelé et maîtrisé avec satisfaction, d'où la crainte que ce coléoptère s'établisse dans la forêt boréale (Humphreys et Allen, 1999).

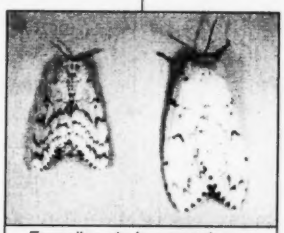
Trois maladies présentent des dangers moins évidents mais également sérieux pour les forêts du Canada. Parmi elles, deux ont étendu leurs domaines dans l'Est du Canada, soit le chancre du noyer cendré et le chancre du mélèze d'Europe. On sait que le premier est présent dans le Sud de l'Ontario et la partie inférieure du Saint-Laurent au Québec depuis 1991 suite à son introduction à partir de l'Est des États-Unis. En 1998, il a été décelé au Nouveau-Brunswick (Harrison et Hurley, 1998). La propagation du chancre du mélèze d'Europe semble avoir été limitée avec succès aux parties côtières continentales de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick grâce aux quarantaines (SCF, 1998a).

Sur la côte ouest de l'Amérique du Nord, des deux côtés de la frontière, les scientifiques et les agents de la quarantaine des plantes s'efforcent d'empêcher l'extension de l'encre des chênes rouges, une maladie des plantes

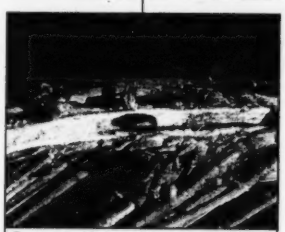
extrêmement grave. Constatée pour la première fois en Californie en 1993, cette maladie, causée par un champignon provoquant un chancre (*Phytophthora ramorum* Werres *et al.*) s'attaque mortellement à un grand nombre d'hôtes appartenant à de nombreuses familles des plantes, y compris celles du hêtre (hêtre, chêne), de la bruyère (rhododendron), de l'érable, de la rose, du laurier, du chèvrefeuille et du nerprun. Les données sur l'histoire naturelle de cet organisme sont encore incomplètes. Habituellement, il se passe plusieurs années entre l'introduction des maladies causées par les chancres et leur détection dans la forêt.

Pourquoi a-t-on besoin d'information sur les ravageurs forestiers étrangers?

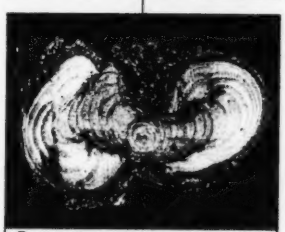
Les forêts du Canada sont cruciales pour le bien-être économique, environnemental et social du pays ainsi que pour l'identité même des Canadiens. Les forêts filtrent l'air que nous respirons et l'eau que nous buvons et fournissent un habitat à d'innombrables espèces de plantes et d'animaux. Elles offrent également une multitude de valeurs spirituelles et récréatives. Quelque 800 communautés autochtones vivent dans l'environnement forestier. De plus, la forêt soutient un secteur économique qui contribue substantiellement à la richesse de presque toutes les parties du pays et fournit des emplois à environ un million de Canadiens, principalement dans les communautés rurales. Le Canada est le plus grand exportateur de produits forestiers du monde, et ces produits sont essentiels pour permettre au Canada de maintenir une balance commerciale positive. En 2002, les produits forestiers comptaient pour 33,6 milliards de dollars dans la balance commerciale excédentaire du Canada.



Femelles de la spongieuse asiatique (g) et européenne (d)



Grand hylésine des pins progressant à l'intérieur d'une pousse



Coupe transversale d'une tige de mélèze attaquée par le chancre du mélèze d'Europe

La responsabilité de la gestion des ressources forestières incombe principalement aux gouvernements provinciaux et territoriaux; le rôle du gouvernement fédéral en foresterie touche surtout le commerce et les investissements, les statistiques nationales, la science et la technologie, les affaires autochtones, les règlements environnementaux et les relations internationales. Les divers paliers de gouvernement se partagent la responsabilité des domaines de la science et de la technologie, du développement industriel et régional, de l'environnement et d'autres questions forestières, et ils collaborent ensemble à ce sujet.

Le SCF, de Ressources naturelles Canada, est le principal organisme fédéral de recherche forestière du Canada. Il étudie le problème des ravageurs forestiers étrangers en fournissant aux organismes forestiers provinciaux et territoriaux, aux aménagistes forestiers du secteur privé, aux autres ministères et organismes fédéraux, aux organismes forestiers autochtones, aux organisations non gouvernementales et au public intéressé :

- des compilations et des synthèses de données écologiques fondamentales sur les ravageurs forestiers étrangers potentiels et les méthodes de détection, d'identification et de surveillance;
- des évaluations du potentiel d'établissement et de propagation des ravageurs forestiers étrangers dans les forêts canadiennes et de leurs répercussions sur les écosystèmes forestiers, l'économie et les communautés du Canada;
- des systèmes de prévision de la possibilité d'établissement et de propagation des ravageurs étrangers;
- des mesures d'atténuation et de prévention, y compris les options liées à la sylviculture, aux produits de répression naturels et aux systèmes d'appui des décisions.

Le SCF travaille en collaboration avec d'autres ministères et organismes fédéraux, notamment ceux qui assument des responsabilités en matière de terres forestières et dont le mandat de réglementation touche le secteur forestier. L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, de Santé Canada, est chargée de fournir un accès sûr aux outils de lutte antiparasitaire tout en réduisant au minimum les risques pour la santé des humains et de l'environnement. L'application des pesticides approuvés par cette agence incombe aux gouvernements provinciaux. Environnement Canada participe également à la réglementation de ces produits.

L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) fournit tous les services d'inspection des aliments et de quarantaine prévus dans le mandat du gouvernement fédéral.

Le SCF collabore avec l'ACIA à la détection, à l'identification et à l'évaluation des ravageurs forestiers étrangers connus et potentiels. La mise au point de méthodes de détection et la création de scénarios de prévision des risques visant à déterminer la probabilité que des espèces étrangères s'établissent au Canada sont cruciales pour l'élaboration de politiques de réglementation et de lutte antiparasitaire efficaces. En juillet 1998, Ressources naturelles Canada et l'ACIA ont signé un protocole d'entente afin de définir formellement les rôles du SCF et de la Division de la protection des végétaux de l'ACIA en matière de lutte contre les phytoravageurs de quarantaine qui affectent les forêts et les produits forestiers.

Impact des ravageurs forestiers étrangers

Les organismes qui se répandent naturellement en réaction aux changements qui surviennent dans les conditions environnementales ou parce qu'ils sont transportés par le vent, l'eau ou les animaux dans des habitats où ils ne se sont jamais trouvés auparavant n'ont habituellement pas une grande incidence sur les écosystèmes ou leurs habitants. Mais la plupart des ravageurs étrangers sont introduits accidentellement au Canada dans des produits importés, par les voyageurs ou dans des véhicules; ils sont parfois importés délibérément en tant que plantes ornementales, animaux favoris, etc., et ils s'échappent. Bien que la plupart des organismes introduits ne réussissent pas à survivre et à s'établir dans ce pays, l'histoire nous a montré que s'ils le font, les dommages potentiels sont énormes (Heywood, 1995). En outre, selon les conclusions d'une analyse exhaustive réalisée aux États-Unis, le nombre d'espèces étrangères établies et leurs répercussions environnementales, économiques et sociales sont chroniquement sous-estimées, en particulier en ce qui concerne les espèces qui ne causent pas de dommages directs à une industrie particulière, comme l'agriculture ou la foresterie, ou à la santé humaine (U.S. Congress, 1993, p. 5).

Conséquences écologiques

SANTÉ DES FORÊTS

« Une forêt en santé est une forêt qui maintient et soutient les fonctions et processus souhaitables de son écosystème. » (SCF, 1999). La santé des forêts est indispensable si l'on veut conserver l'intégrité de l'environnement, la production de richesses et la création d'emplois. Les écosystèmes forestiers sont en santé lorsque les processus écologiques sous-jacents fonctionnent à l'intérieur d'un éventail de variabilité naturel, de telle sorte que selon n'importe quelle échelle temporelle ou spatiale, ils demeurent dynamiques et résistent aux perturbations (Kimmins, 1997; AFMSC, 1997; Lacky, 1998). Bien avant l'établissement des Européens, les vastes forêts canadiennes ont évolué en s'adaptant à des facteurs périodiques de perturbation, souvent profonds mais inhérents, comme les incendies, le vent, les tempêtes de verglas, les inondations, les sécheresses, les insectes, les maladies et le changement climatique. Les activités humaines ont perturbé l'éventail naturel des variations touchant la structure, la composition et la physionomie des paysages des forêts canadiennes, notamment les récoltes, la protection contre les incendies et l'introduction d'insectes, de maladies et d'autres organismes étrangers. Les pratiques de gestion forestière comme l'intensification de la production de bois peuvent modifier les caractéristiques de la succession forestière et la dynamique hôte-ravageur et peuvent accroître la vulnérabilité des forêts canadiennes aux organismes étrangers envahissants.

DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

La Convention des Nations Unies sur la diversité biologique définit « diversité biologique » comme « la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. »[4] De façon plus simple, la biodiversité désigne la « variété de la vie ». On peut l'aborder en termes de gènes, d'espèces, d'écosystèmes et de paysages, donc par l'entremise de disciplines scientifiques comme la génétique, la taxinomie et l'écologie. Les écosystèmes biologiquement diversifiés ont tendance à être plus résilients et peuvent récupérer plus facilement après une perturbation (Tilman et Downing, 1994).

Les effets négatifs des organismes envahissants sur la biodiversité ont été reconnus dès 1958 (Elton [1958], cité dans Heywood [1995], p. 757). Les espèces étrangères envahissantes sont maintenant classées au deuxième rang en tant que principale menace à la biodiversité, précédées seulement par les pertes d'habitats (Wilcove *et al.*, 1998). Les espèces introduites arrivent sans leurs parasites et leurs prédateurs naturels. Elles détériorent les conditions de l'habitat qui soutient les espèces indigènes; elles exercent une prédation sur les espèces indigènes, les déplacent ou s'hybrident avec elles. Environ 20 % des vertébrés du monde qui sont considérés comme étant en danger d'extinction sont menacés par des espèces envahissantes (PNUE, 1999). Quelque 24 % des espèces en péril figurant sur la liste 2002 du Comité sur la situation

des espèces en péril au Canada étaient possiblement menacées d'extinction en raison des espèces exotiques envahissantes (Stronen, 2003).

Conséquences économiques et sociales

Les changements dans le fonctionnement des écosystèmes qui sont accélérés par les espèces envahissantes peuvent mettre en danger les services et les biens que peuvent fournir ces écosystèmes. Parmi les conséquences économiques et sociales, on trouve les pertes de revenu, le coût des mesures de récupération, l'arrêt des activités dans certains cas (lorsque la récupération n'est pas possible), les coûts de protection, les coûts de surveillance et les coûts de la lutte antiparasitaire (par opposition à la répression exercée par les ennemis naturels) (Filip et Morrell, 1996; Walner, 1996). Des écologistes de l'Université Cornell ont estimé que les 50 000 espèces étrangères entraînent aux États-Unis des pertes économiques de 138 milliards de dollars US par année; leur liste comprend des mauvaises herbes étrangères (35,5 milliards de dollars US), des insectes introduits (20 milliards de dollars US), des organismes qui causent des maladies chez les humains (6,5 milliards de dollars US) et même la mangouste (50 millions de dollars US) (Pimentel *et al.*, 1999).

Pertes de matière ligneuse

Puisque la quantification des dommages et du coût de la lutte sont difficiles, le Canada ne dispose d'aucune estimation des pertes de matière ligneuse causées uniquement par les ravageurs étrangers. Aux États-Unis, les pertes dues aux ravageurs forestiers étrangers sont estimées à environ 4 milliards de dollars US par année (Pimentel *et al.*, 1999).

Au Canada, environ 400 000 ha sont affectés annuellement par les ravageurs indigènes et exotiques (SCF, 1998b). Les superficies récoltées annuellement s'étendent sur quelque 930 000 ha. De 1981 à 1995, les pertes de volume ligneux attribuables aux insectes et aux maladies qui s'attaquent aux forêts ont été estimées à 61 millions de mètres cubes par année, tandis que les récoltes annuelles étaient de 170 millions de mètres cubes pour la même période (SCF, 1998b). Si l'on considère les pertes de volume ligneux commercialisable, on estime les pertes financières en droits de coupe, redevances et rentes économiques à environ 720 millions de dollars par année (Krcmar-Nozic *et al.*, 2000).

Coûts de la lutte contre les ravageurs

La restauration de la condition originale des écosystèmes par l'éradication des espèces envahissantes peut être très coûteuse ou même impossible au moyen des techniques disponibles. De nombreux agents antiparasitaires, en particulier les pesticides chimiques et certains agents biologiques comme *Bacillus thuringiensis*, ou *B.t.*, font l'objet d'une résistance de la part du public. Le bromure de méthyle, utilisé régulièrement pour éradiquer les ravageurs dans la cale des navires et les conteneurs ainsi que sur les quais, est un composé destructeur d'ozone; la poursuite de son utilisation comme fumigant est incertaine (voir la note 3). Actuellement, la principale méthode de lutte contre les ravageurs permettant de contenir et d'éradiquer les organismes dont des populations sont déjà établies dans des arbres est de détruire les sujets atteints. C'est ce qu'on a fait dans le cas de la maladie hollandaise de l'orme, du longicorne brun de l'épinette et d'autres organismes nuisibles.

La mise en marché des produits antiparasitaires de remplacement prend du temps. Le coût de la recherche et de la mise en application d'agents de lutte biologique est souvent élevé, car il faut considérer la sécurité des espèces indigènes. Généralement, les nouveaux produits antiparasitaires doivent viser un ravageur spécifique et sont par conséquent d'application restreinte. Leur faible rentabilité, associée aux exigences réglementaires, tend à décourager l'industrie des pesticides à mettre au point ce genre de produit. Aux États-Unis, les grandes sociétés de fabrication de pesticides sont intéressées à mettre au point des produits qui peuvent générer des ventes annuelles de l'ordre de 50 millions de dollars. Les petites sociétés se satisfont de ventes annuelles 5 millions de dollars, mais pour la production d'un nouveau pesticide, il leur est habituellement difficile de financer les coûts de lancement, en particulier les coûts d'homologation. Jusqu'à présent, toutes les sociétés qui ont tenté de fabriquer un produit viral pour la spongieuse n'ont pas réussi à le mettre en marché (Podgwaite, 1999). Cependant, la recherche se poursuit pour trouver de nouveaux agents antiparasitaires naturels de même que des traitements sylvicoles et des semis génétiquement résistants afin de les inclure dans l'arsenal des moyens de lutte contre les ravageurs forestiers.

Évaluation des risques

Les mesures de prévision et de prévention sont probablement le moyen le plus efficace de combattre les ravageurs forestiers étrangers. Il faudrait donc déterminer a) quels sont les ravageurs étrangers qui sont les plus susceptibles de s'établir et de se propager dans les forêts canadiennes; b) dans quelles conditions environnementales, y compris celles qui sont prévues en raison du changement climatique, ils seraient susceptibles de proliférer et c) lesquels, parmi ces ravageurs de plus en plus nombreux, pourraient avoir les répercussions sociales et économiques les plus importantes. Grâce à cette information, les

efforts des scientifiques pourraient être mieux orientés. Des mesures de réglementation et d'autres mesures préventives, y compris les mesures antiparasitaires si nécessaire, pourraient être mises en œuvre. On éviterait ainsi les efforts déployés pour contenir les dommages causés par l'entrée surprise d'un nouveau ravageur destructeur. Les décideurs, les expéditeurs et l'ensemble du public seraient davantage sensibilisés au risque que pose l'entrée au pays des organismes identifiés par ce processus d'évaluation.

Impact sur les forêts urbaines

Les régions urbaines situées près des points d'entrée et de réception des expéditions internationales, notamment Halifax, Montréal, le bassin des Grands Lacs et le Vancouver métropolitain, sont souvent les lieux où les ravageurs forestiers s'établissent en premier. La valeur des arbres de ces régions dépasse de beaucoup celle qu'ils auraient en tant que matière brute pour la fabrication de produits forestiers. Par exemple, selon une estimation, les quelque 700 000 ormes des grandes et petites villes canadiennes ont été évalués à 2,5 milliards de dollars (Hubbes, 1999). La perception par le grand public de la menace que représentent les ravageurs non indigènes pour la santé des forêts a des conséquences politiques plus graves dans ce cas précis que dans le cas d'une simple perte commerciale ou d'une réduction des approvisionnements en bois. Les millions engagés dans l'abattage des arbres infectés par le longicorne asiatique, le longicorne brun de l'épinette et l'agrile du frêne dans l'Est du Canada en témoigne. Une fois ces insectes établis dans les parcs, les jardins et le long des boulevards, les Canadiens ont dû se résoudre à l'abattage et à la disparition des arbres majestueux de leur voisinage. Le SCF collabore avec l'ACIA et d'autres organismes provinciaux et municipaux pour trouver une façon de gérer les menaces auxquelles les arbres font face, des arbres dont la valeur est bien différente de celle des produits forestiers conventionnels.

Conséquences commerciales

Le ravageurs de quarantaine sont le sujet de la Convention internationale pour la protection des végétaux (IPPC) de la FAO, un accord international conclu par 106 pays. L'IPPC est reconnue dans l'Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) comme le point de référence international en matière d'élaboration et d'harmonisation de normes, de lignes directrices et de recommandations phytosanitaires. À titre d'organisme affilié de la FAO, la NAPPO adhère à l'IPPC et est reconnue comme l'autorité en matière de questions phytosanitaires en vertu de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA). Les signataires de l'IPPC ont convenu, entre autres, de fournir :

- des rapports sur l'existence, la pullulation et la propagation des ravageurs non indigènes d'importance économique qui affectent les végétaux et les produits végétaux et qui peuvent représenter un danger immédiat ou potentiel;
- des données sur les méthodes de lutte efficaces contre les ravageurs des végétaux et produits végétaux étrangers.

En outre, les pays importateurs peuvent demander que des restrictions soient imposées à l'égard des régions où l'on soupçonne la présence de ravageurs qui menacent les cultures et le bétail. Des barrières non tarifaires peuvent être et ont été imposées en vertu de cet accord, et par l'entremise de l'OMC, les pays disposent de recours pour résoudre les litiges touchant la réglementation phytosanitaire.

La forte dépendance du Canada envers l'exportation de produits issus des ressources naturelles le rend vulnérable aux litiges commerciaux et aux conséquences qu'entraîne l'introduction de ravageurs forestiers de quarantaine. Lorsqu'ils soupçonnent qu'un ravageur forestier est établi au Canada, les pays importateurs peuvent refuser d'accepter des produits canadiens sauf s'ils ont été certifiés indemnes de ces organismes. Le nématode du pin et la spongieuse sont deux exemples de ravageurs forestiers qui ont causé des problèmes pour l'exportation de produits forestiers canadiens.

Le nématode du pin (*Bursaphelenchus xylophilus* [Steiner et Buhrer] Nickle), est un organisme microscopique qui provoque la flétrissure du pin et qui, au Japon et en Chine, cause des dommages économiques aux pins. Cet organisme est également présent en Amérique du Nord, où il ne cause pas de dommages économiques aux forêts de conifères indigènes (Evans *et al.*, 1993). Les pays de la Communauté européenne ont imposé un règlement phytosanitaire sur les expéditions de bois vert en provenance du Canada même s'il n'y avait aucune preuve que la présence du nématode du pin dans les envois de bois d'œuvre canadien entraînerait la mortalité des pins dans les forêts européennes.

Une race européenne de spongieuse est considérée comme un ravageur forestier dangereux. Elle a été introduite dans l'Est des États-Unis en 1868, puis en Ontario et au Québec. Bien qu'elle ne soit pas établie en Colombie-Britannique, son introduction répétée dans la province au cours des 20 dernières années a nécessité une surveillance continue, des programmes d'éradication et une sensibili-

sation du public (Humble et Stewart, 1994). En 1998, en partie en raison de préoccupations exprimées par les États américains avoisinants au sujet de la propagation de ce ravageur, et de sa parente plus dangereuse, la spongieuse asiatique, le sud de l'île de Vancouver a été inclus dans une zone de quarantaine qui nécessite la certification des envois et l'inspection de tous les véhicules en provenance de cette région. Ces mesures, combinées à des programmes d'éradication, restreindront et élimineront peut-être la spongieuse dans cette zone. Il est dans l'intérêt du Canada et de son secteur forestier de déceler, de prévenir et, si nécessaire, de maîtriser la propagation des organismes de quarantaine afin de protéger ses forêts et l'accès aux marchés.

Les organismes envahissants : un problème mondial

L'incidence de la propagation des organismes envahissants est de plus en plus reconnue comme une question qui nécessite des changements à l'échelle du globe. L'envergure du problème dépasse la capacité de gestion d'un seul pays. Elle nécessite un recours à des connaissances spécialisées collectives en botanique, en zoologie et en microbiologie, lesquelles peuvent seulement être acquises grâce à une coopération mondiale.

Les organismes envahissants sont au programme de nombreux pays. En février 1999; un décret du président des États-Unis comportait un budget annuel supplémentaire de 29 millions de dollars US pour l'élaboration d'un plan national de gestion des organismes envahissants (terminé en 2001), y compris les végétaux et les animaux. Les États-Unis ont établi un plan stratégique doté d'un budget de 365 millions de dollars US sur neuf ans pour traiter le problème du longicorne asiatique. La Nouvelle-Zélande, reconnaissant en tant qu'État insulaire sa vulnérabilité aux invasions d'espèces étrangères, considère la transgression de ses frontières par ces organismes comme un danger biologique pour sa sécurité économique, environnementale et sociale (Penman, 1998). Le Canada travaille actuellement à la mise au point d'une stratégie nationale sur les espèces étrangères envahissantes.

La propagation des organismes étrangers est reconnue comme une préoccupation mondiale sur plusieurs tribunes internationales. Le Canada, à titre de signataire de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique, s'est engagé à gérer et à utiliser ses ressources naturelles de façon durable, à conserver sa biodiversité et donc à maintenir la productivité et la résilience de ses forêts. De façon particulière, le paragraphe 8h de la Convention prescrit que les signataires doivent, dans la mesure du possible, lutter contre l'impact des espèces étrangères et élaborer à cette fin des stratégies, des plans et des programmes nationaux. La question des organismes étrangers se trouve également à l'ordre du jour des parties signataires de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES). En outre, la Commission forestière pour l'Amérique du Nord, dont le Canada est membre, est en train de constituer une base de données pour la gestion des ravageurs forestiers exotiques introduits en Amérique du Nord[5] et communique des conseils scientifiques à la NAPPO. Un autre organisme, le Groupe international de recherche sur la quarantaine forestière, sert de conseiller scientifiques auprès de l'IPPC. En 1997, un groupe de travail comprenant des membres de 12 pays répartis sur cinq continents, appelé le Groupe de travail sur le Processus de Montréal, a élaboré un cadre de critères et d'indicateurs acceptés internationalement pour la conservation et la gestion durable des forêts tempérées et boréales; ce cadre élaboré par le groupe de travail contient un indicateur qui tient compte des ravageurs forestiers étrangers.

Il n'existe pas encore de stratégie mondiale pour résoudre le problème des espèces envahissantes. Afin de combler cette lacune, la Conférence des parties à la Convention sur la diversité biologique a favorisé une initiative visant à établir le Programme mondial sur les espèces envahissantes (GISP), un élément d'un programme international sur la science de la biodiversité, DIVERSITAS. Le GISP rassemblera les meilleures approches en matière de gestion visant la prévention et la maîtrise des ravageurs et les rendra facilement accessibles à toutes les nations; il réalisera le travail de base qui servira à produire de nouveaux outils que la communauté internationale doit impérativement se donner, par une action coopérative, dans de nombreux domaines : sciences, gestion de l'information, sensibilisation du public et formulation de politiques. En outre, ce programme évaluera la situation actuelle de l'étude scientifique des espèces envahissantes.

On note une certaine convergence entre les organismes internationaux qui s'intéressent purement aux questions de commerce et de quarantaine et ceux qui se consacrent aux problèmes plus larges de biodiversité et de santé des écosystèmes. Par exemple, la Commission intérimaire des mesures phytosanitaires a décidé de resserrer la collaboration entre le secrétariat de l'IPPC et celui de la Convention sur la diversité biologique afin d'éviter l'émergence de solutions contradictoires chez ces organisme au sujet des espèces envahissantes et des phytoravageurs.

Enjeux actuels

L'introduction, l'établissement et la propagation des espèces étrangères se poursuivront. Malheureusement, il n'existe pas de solutions faciles. À court terme, nous devons prévenir leur entrée et leur propagation, au moyen de techniques d'éradication si nécessaire; mettre sur pied des systèmes de détection précoce et réaliser des évaluations opportunes et fiables des risques. À long terme, il nous faut nous occuper de leurs effets sur les écosystèmes forestiers — composition, processus, résilience — et des pertes de matière ligneuse. Parmi les enjeux auxquels sera probablement confronté le secteur forestier, il faut compter :

- la coopération internationale en matière de recherche et le partage d'information sur la biologie et l'impact éventuel des espèces étrangères envahissantes, actuelles ou potentielles;
- les restrictions imposées par les partenaires commerciaux sur les produits forestiers canadiens en raison de la menace potentielle, perçue ou réelle, que posent les ravageurs de quarantaine en provenance du Canada;
- l'augmentation de la fréquence d'entrée de ravageurs étrangers au Canada, leur établissement et leur propagation dans les conditions actuelles et prévues de gestion forestière et d'état de l'environnement, compte tenu de l'effet des changements climatiques mondiaux;
- Le manque de solutions de rechange aux agents de lutte antiparasitaire disponibles présentement.

Notes

1. On utilise fréquemment les termes « espèces étrangères » et « espèces non indigènes » du point de vue de la biodiversité et de l'écologie. Les organismes de réglementation et organismes connexes ont tendance à utiliser les termes espèces « exotiques » et « introduites ».
2. On trouvera une description de ces ravageurs et d'autres phytoparasites dans le site Web de l'Agence canadienne d'inspection des aliments : http://www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/protect/pestrava/pestravaf.shtml.
3. En vertu du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, un accord international conclu sous les auspices du Programme des Nations unies pour le développement (http://www.undp.org/seed/eap/montreal/montreal.htm), l'emploi du bromure de méthyle comme pesticide par les pays en développement doit prendre fin en 2005. Le bromure de méthyle est encore accepté en cas de quarantaine, mais il y aura de plus en plus de pressions pour qu'il soit interdit même pour la fumigation. Il faudra alors avoir recours à des produits de remplacement pour réduire le risque d'introduction de ravageurs étrangers.
4. Les Nations Unies ont présenté la Convention sur la diversité biologique au cours de leur Conférence sur l'environnement et le développement tenue à Rio de Janeiro, au Brésil, en juin 1992. La Convention découle du fait que la communauté mondiale a reconnu le danger que posent la dégradation des écosystèmes et la perte de diversité au chapitre des espèces et de la génétique. Le 4 décembre 1992, avec l'appui des provinces et des territoires, le Canada est devenu le premier pays industrialisé à ratifier la Convention. Voir Environnement Canada (1995).
5. Consulter la base de données de la Commission des forêts pour l'Amérique du Nord appelée Système d'information des ravageurs forestiers exotiques d'Amérique du Nord : <http://spfnic.fs.fed.us/exfor/>.

Bibliographie

(ACIA) Agence canadienne d'inspection des aliments. 2004. Exigences relatives à l'entrée au Canada des matériaux d'emballage en bois produits dans toute région du monde autre que la zone continentale des États-Unis. Directive sur la protection des végétaux 98-08. Direction des produits végétaux, ACIA, Nepean (Ontario).

(AFMSC) Alberta Forest Management Science Council. 1997. Sustainable forest management and its major elements: advice to the Land and Forest Service on timber supply protocols. Rapport inédit disponible auprès du gouvernement de l'Alberta, Edmonton. 15 p.

Campbell, E. 1998. Whitebark pine forests in British Columbia: composition, dynamics, and the effects of blister rust. Thèse de maîtrise, University of Victoria, Victoria (C.-B.). 136 pages.

Conners, I.L. 1972. Plant pathology in Canada. Canadian Phytopathology Association, University of Manitoba, Winnipeg, Man.

Davidson, A.G. 1964. Dutch elm disease. Dep. For., Ottawa. Publication 1187. 23 p.

Elton C.S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. Methuen, London.

Environnement Canada. 1995. Stratégie canadienne de la biodiversité : Réponse du Canada à la Convention sur la diversité biologique. Bureau de la Convention sur la biodiversité, Hull (Qc). 80 p.

Environnement Canada. 1999. Plante envahissantes des habitats naturels du Canada : Aperçu global des espèces vivant en milieu humide et en milieu sec et la législation visant leur élimination [publication en ligne]. Conservation des habitats fauniques, Service canadien de la faune. <http://www.cws-scf.ec.gc.ca/habitat/inv/index_f.html>. Consulté le 25 août 1999.

Evans, H; Mes-Hartree, M.; Kubicek, Q.B. 1993. Risk of transmission of pinewood nematode, its vectors and pine wilt to EC forests. Report of the EC/Canada/USA Tech. Team. Rapport inédit disponible auprès de Ress. nat. Can., SCF, Ottawa. 25 p.

(FAO) Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2002. Directive pour la réglementation de matériaux d'emballage à base de bois dans le commerce international. Publication nº 15. Secrétariat de la Convention internationale pour la protection des végétaux. Rome. 21 p.

Filip, G.M.; Morrell, J.J. 1996. Importing Pacific Rim wood: pest risks to domestic resources. J. For. 94(Oct.):22–26.

Hall, J.P.; Bowers, W.W.; Hirvonen, H. 1998. Insectes et maladies des arbres au Canada 1995. Ress. nat. Can., SCF, Ottawa. 73 p.

Hall, J.P.; Magasi, L.; Carlson, L.; Stolte, K.; Niebla, E.; Bauer, L.I. de; Gonzalez-Vicente, C.E.; Hernández-Tejeda, T. 1996. L'état de santé des forêts nord-américaines. Ress. nat. Can., SCF, Ottawa. Rapport de la Commission forestière pour l'Amérique du Nord.

Harrison, K.J.; Hurley, E.J. 1998 Butternut canker—a first record for New Brunswick. Can. For. Serv., Nat. Resour. Can., Atlantic Forestry Centre, Fredericton, N.-B. Tech. Note 315.

Hendrickson, O. 1998. Policy and policy development on conservation of biodiversity. Presenté à l'Atelier sur les forêts modèles, Gananoque (Ont.),1998. Document inédit disponible auprès du SCF, Ress. nat. Can., Ottawa.

Heywood, V.H. ed. 1995. Global biodiversity assessment. United Nations Environment Programme (UNEP), Cambridge University Press, New York, NY/Melbourne, Australia. 1140 p.

Hubbes, M. 1999. The American elm and Dutch elm disease. For. Chron.75(2):265–273.

Humble, L.M.; Chong, L.J.; Seed, J.; Borden, J.H. 1998. Non-indigenous bark and wood-boring beetles: from urban reservoirs to natural forests. Poster presented at a meeting of the North America Plant Protection Organization (NAPPO), Halifax, NS, Nov. 1998. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Pacific Forestry Centre, Victoria, BC/Department of Biological Sciences, Simon Fraser University, Burnaby, BC.

Humphreys, N.; Allen, E. 1999. Le grand hylésine des pins. Ressour. nat. Can., SCF, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.). Avis concernant un ravageur forestier exotique 2. 4 p.

Johnstone, K. 1991. Forêts et tourments : 75 ans d'histoire du Service fédéral des forêts 1899–1974. For. Can., Ottawa. 208 p.

Kimmins, J.P. 1997. Biodiversity and its relationship to ecosystem health and integrity. For. Chron. 73(2): 229–232.

Krcmar-Nozic, E.; Wilson, B.; Arthur, L. 2000. L'impact potentiel des ravageurs forestiers exotiques en Amérique du Nord : synthèse de la recherche. Ress. nat. can., Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (Colombie-Britannique). Rapport d'information BC-X-387F. 35 p + ix.

Lachance, D. 1979. Découverte de la souche européenne de *Gremmeniella abietina* au Québec. Résumé d'un article présenté à la 71e réunion annuelle de la Société de Québec pour la protection des plantes. Phytoprotection 60(3):168.

Lacky, R.T. 1998. A patch of common ground. J. For. 96(4): 32–33.

Martineau, R. 1985. Insectes nuisibles des forêts de l'est du Canada. Rapp. tech. de for. 32. Environ Can., SCF, Ottawa / Multiscience Publications (Polyscience), St-Sauveur (Qc). 283 p.

Myren, D.T. 1994. Maladies des arbres de l'est du Canada. Ress. nat. Can., SCF, Ottawa. 159 p. + ix.

Niemelä, P; Mattson, W.J. 1996. Invasion of North American forests by European phytophagus insects: legacy of the European crucible. Bioscience 46(10):741–753.

Penman, D.R. 1998. Managing a leaky border: towards a biosecurity research strategy. Ministry of Research, Science and Technology, Wellington, New Zealand. Rep. 81. 61 p.

Peterson, D.J.; Prasad, R. 1998. The biology of Canadian weeds. 109. *Cytisus scoparius* (L.) Link. Can. J. Plant Sci. 78:497–504.

Pimentel, D.; Lach, L.; Ziniga, R.; Morrison, D. 1999. Environmental and economic costs associated with non-indigenous species in the United States [en ligne]. College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, NY. <http://www.news.cornell.edu/releases/Jan99/species_costs.html> Consulté le 25 mai 1999.

PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement). 1999. Élaboration de principes directeurs sur la prévention des impacts attribuables aux espèces exotiques par l'identification des domaines d'intervention prioritaires sur les écosystèmes isolés, ainsi que par l'évaluation du programme mondial sur les espèces envahissantes et par la formulation de recommandations sur son développement futur [en ligne]. Note du secrétaire exécutif, UNEP/CBD/SBSTTA /4/8. 15 févr. 1999. <http://www.biodiv.org/sbstta4/docs-f.html>.

Podgwaite, J.C. 1999. Gypchek: biological insecticide for the gypsy moth. J. For. 97(3):16–19.

Rousseau, C. 1968. Histoire, habitat et distribution de 200 plantes introduites au Québec. Naturaliste can. 95: 49–169.

(SCF) Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 1998a. Faits saillants sur la santé des forêts au Canada. Réseau sur la santé des forêts, Centre de foresterie de l'Atlantique, Fredericton (N.-B.). Brochure.

(SCF) Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 1998b. L'état des forêts au Canada 1997–1998 : Les forêts qui nous appartiennent [sur papier et en ligne]. Ottawa. <http://nrcan.gc.ca/cfs/proj/ppiab/sof/common/latestx.shtml>.

(SCF) Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 1999. L'état de santé des forêts au Canada : un sommaire 1998. Réseau sur la santé des forêts, Centre de foresterie de l'Atlantique, Fredericton (N.-B.). 60 p.

Statistique Canada. 1998. Importations, commerce de marchandises 1997. Vol. 1. N° de cat. 65- 203-XPB. Division du commerce international, Ottawa.

Stronen, A.V. 2003. Impacts on Canadian species at risk from invasive alien species. Unpublished report. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Gatineau (Québec).

Tilman, D.; Downing, J.A. 1994. Biodiversity and stability of grasslands. Nature 367:363–365.

US Congress, Office of Technology Assessment. 1993. Harmful non-indigenous species in the United States. US Government Printing Office, Washington, DC. OTA-F-565.

Wallner, W.E. 1996. Invasive pests ('biological pollutants') and US forests: whose problem, who pays? Bull. OEPP/EPPO 26:167–180.

Wilcove, D.S.; Rothstein, D.; Dubow, J.; Phillips, A.; Losos, E. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States: assessing the relative importance of habitat destruction, alien species, pollution, overexploitation, and disease. Bioscience 48(8):607–615.